中華郵政特准掛號認爲新聞紙類

水利

第二卷

第三四期

朱重之

中國水利工程學會發行

中華民國二十一年四月

中國水利工程學會

（會址：南京太平橋北二十一號）

董　事　會

李儀祉　上海國民政府救濟水災委員會
茅以昇　鎭江曇巷十三號
沈百先　鎭江江蘇建設廳
張自立　南京建設委員會
孫輔世　蘇州太湖流域水利委員會
李書田　天津華北水利委員會
陳懋解　南京建設委員會
張含英　葫蘆島港務處
須　愷　南京導淮委員會

執　行　部

會長　李儀祉　　副會長　李書田　　總幹事　張自立

特　種　委　員　會

出版委員會　汪胡楨(主席)　顧世楫　徐世大　孫輔世　張含英
會員委員會　洪　紳(主席)　余籍傳　李書田　茅以昇　曹瑞芝　孫輔世　林平一
介紹委員會　李書田(主席)　徐世大　須　愷　茅以昇　孫輔世　張含英　張自立

機　關　會　員

建設委員會　江蘇建設廳　導淮委員會　華北水利委員會　永定河河務局　中央大學　內政部　太湖流域水利委員會　交通部　湖北水利局　唐山工程學院　河北建設廳　浙江建設廳　整理海河委員會　修浚閩江工程局　揚子江水道整理委員會　山東建設廳　陝西建設廳　廣東治河委員會　武漢大學　湖南大學　河北黃河河務局　湖南建設廳　河北工業學院　河南河務總局

水利月刊投稿簡章

(一)水刊登載關於水利工程之論著，計劃，研究，實施狀況等文字。撰著或翻譯均所歡迎。文體新舊不拘。引據之處請註出以便閱者。

(二)投寄之稿請依本雜誌行格謄寫爲最好。並請加標點符號。如投稿者，先將題目及大略字數示知，當將稿紙寄奉備用。

(三)如投寄翻譯稿件，請將原文題目著者及其來源詳細示知。倘蒙將原文寄閱尤妥。

(四)文中圖畫，除照相外請用黑色墨水繪製。務求清晰。並須字大線粗。

(五)稿件揭載與否。不能預告。原稿概不寄還。惟未登載之稿件，得因預先聲明可以檢還。

(六)稿後請註明姓名住址以便通信。

(七)稿件內容本會得酌量增刪之。如有不願者。請先聲明。

(八)稿件請寄交南京四條巷良友里二十號中國水利工程學會出版委員會收。

水利月刊

第二卷　第三四期

中華民國二十一年四月

目　　錄

本刊文責由著者自負

永定河根本治理計劃之研究(朱延平)…… 163

論雨量之統計(顧世楫)…… 181

浙江省水利局辦理飛機測量之經過(顧世楫)…… 188

浙江餘姚牟山湖灌溉計劃意見書(顧世楫譯)…… 196

美國都市給水概况(韓伯林譯)…… 206

哥羅拉多河之泥沙及其灌溉之關係(黃懷楨譯)…… 213

河道防洪工程(孫輔世)…… 251

水利月刊

第二卷　第三四期

中華民國二十一年四月

目錄

本刊文責由著者自負

永定河根本治理計劃之研究（張延平）……………………163

論雨量之統計（顧世楫）……………………181

浙江省水利局辦理飛機測量之經過（顧世楫）……………………188

浙江餘姚牟山湖灌溉計劃意見書（顧世楫譯）……………………196

美國都市給水概況（韓伯林譯）……………………206

哥羅拉多河之泥沙及其與壩之關係（黃懷楨譯）……………………213

河道防洪工程（孫輔世）……………………251

永定河根本治理計畫之研究

朱　延　平

(一)永定河在河北省各河中之位置

河北省境內之各河，其大者若灤河若薊運，若北運永定大清子牙南運，雖皆爲患地方，亟宜治理，而以中央及省內之現下財政狀况觀之，似無力同時並舉。人壽幾何，河淸難俟，吾人主持河政，關係人民之禍福，至深且鉅，自不宜以無款辦工而稍爲推諉。而宜通盤籌畫，分別緩急，擇其要者，先爲分期進行修治。庶可款不虛糜，而民獲實利。古人有言，必胸有全河，而後可以言治河，否則今日修成之工，他日若有通盤籌畫，或有妨礙，未可知也。

河北省之河道雖多，其爲害較鉅者，僅爲源遠流長來自外省之灤河永定河及子牙河之支流滹沱河南運河之支流漳河而已。四河於汛漲期間，皆挾沙泥過多，一入平原，即爲沉澱淤積，所以河無定軌，時常左右泛濫，淹沒田廬禾稼，不可勝紀。而四河之中，除灤河出山入海之地域較短，爲害情形較少不計外，其餘三河，以永定河爲最，滹沱河次之，漳河又次之。故各河之施治，亦必以此爲程序焉。

(二)永定河之泛濫淤積情形

關於此節，益津吳邦慶畿輔水道管見載之綦詳。玆錄之如左：

永定河發源於馬邑，流入宣化，綿亙數百里，受水凡三十七，緣無關修治，故不詳紀。至穿石景山而南，經盧溝橋，地勢陡而土性疎，故縱橫蕩漾，爲害頗鉅。金時經都城北，元時經都城南，明時或合白溝，或合拒馬，又或東南經信安勝芳入淀。居民蕩析，幾無定宇。至康熙三十九年，聖祖仁皇帝，命撫臣于成龍大築堤堰。自宛平之盧溝橋，至永清之朱家莊，匯狠城河，注西沽以達於海，延亙二百餘里。功成賜名永定河。自是三十餘年河無遷決。惟是下流入淀之後，水渙沙停，漸形淤墊。雍正三年，世宗憲皇帝，命怡賢親王引渾河別由一道入海，毋令入淀，遂於永清之郭家務，改河東行，復開下流之長淘河，行經三角淀，而注之河頭與淸河匯。周築三角淀圍堤，以防北軼。又以河性善淤，復設夫挖淺，俾河流不致遷徙，然嗣是日久淤深，下口亦屢有移改。惟

南高北徙，北高南徙，游衍於遙堤之內。又水過之後，土性愈肥，居民貪俾獲之利，亦不以浸淹捨去。每至伏秋之汛，拍岸盈堤，水退沙停，日積日甚。方今堤身自外視之，斜坡三丈有餘，而內則堤高不過數尺。

此前清道光年間之言也。末段所述之情形，與現下狀況，尙無大異。內中所可注意者，則此河金時逕都城北，是合惠通濕榆而入於潮白也。元時逕都城南，是合鳳河而入於北運也。明時或合白溝或合拒馬，是合白溝而入大淸，或更逾越白溝合於拒馬而入於大淸也。縱橫蕩漾，計其下游波及之處，乃至數百里。試詳查看前順直水利委員會所測之地形圖，其東起北運河，西至拒馬河之一帶同高綫，皆約向永定河出山處之石景山成弧形。則此一帶之地，爲永定河多年淤積而成，似無可疑。若然，假使永定河無治法，則北運大淸雖有治法，亦將受永定河之影響而遭毀壞。故余以爲必永定河有治法，而後可以談北運大淸之治法。玆就所知，將二百年來所談關於永定河之治法，一一列之如左而研究之。

(三)改北堤爲南堤另築北堤說

此說起於淸大學士鄂爾泰。查吳邦慶畿輔水道管見內載：

乾隆二年，大學士鄂爾泰疏請半截河改挑新河，有擬於半截河堤北改挖新河，卽以北堤爲南堤之議。紬繹其言，誠有至理，蓋河身旣高，束之以堤，是猶西北之引渠也。施之洪流，安能順軌。昔人譬之於牆上築夾牆行水信然。計今之勢，惟以北堤爲南堤，而另築北堤以障水，差爲得策。擬自北二工以下，傍堤量地寬三四里許，估築一道，直抵北七工之半截河，仍歸遙堤。中間原有減水河，略加挑挖，卽可作爲河身。堤成後，於汛期之先，開挖河頭，俾十分深暢。迨水一漲發，其性就下，必當改流。俟溜勢順行後，再將舊河堵斷。則舊河身百餘里之內，盡爲膏腴，而新堤以內所佔民業，卽可以此撥補。如此遷改，亦不保其不日久停淤。然地勢旣窪，可以容受，五六十年之內，必可暢流無阻。

此議在當時能行與否，已無從考查。若至現在，則已有難行之點：(一)永定河之兩堤，百餘年來，屢有潰決，每次潰決，卽將堤外之地，淤墊甚高。試詳查前順直水利委員會之地形圖，近堤一帶之地，同高綫多有與堤作平行綫者，又有沙坨遍布，起伏不常者，是其明證。民國七年，余奉熊督辦之命，驗收永定河之材料，

由固安至永清途中，見明末墳地牌坊，其門不沒於土者僅一二尺。由此可知其地已淤高七八尺。其地距河五六里，近河之處，其淤積之數，當更高於此。詳細研究前述之地形圖，其未受淤積之地，約在五公里乃至十公里以外。如於距堤三四里處量築北堤，開河洩水，自然舒暢。惟河溜以地勢關係，必貼靠北堤。新堤禦水，危險堪虞，將來北甯鐵路被冲之機會必多。（二）半截河之地面，現下高度爲約十八公尺，至距半截河五公里縷堤遙堤相接處迤下，則地面之高度，爲約二十一公尺。較半截河反高三公尺。藉非開掘極長深溝，流勢必不能順，而須尋北遙堤東行至皇后店，轉而沿攔水埝南行匯現下之鳳河入於北運。蓋現下北遙堤內外之地，其高度約差二公尺，攔水埝內外之地，其高度約差半公尺也。此綫較現下之永定河爲短，而中間又無蕩漾之區，渾流浩瀚，將來北運河海河淤塞之快，必更倍於今日。故此議非不可行，然必設法以補救其短。如於北遙堤外圍築新沙漲地，及於入北運河後，即於東岸有巨量之減水河是。

（四）建築護村堤說

查清代陳學士儀永定引河下口私議內載：

查治河之法，欲疏導上游，必先以廓清下口爲急務。督河諸臣奏改永定河，原議導之南流，不設堤堰，以遂其散漫之性，城池村落逼近河流者，建築護堤以防其衝齧之虞。疏引濁流，塡淤窪鹹，以收其肥饒之利，措置上游，可謂善矣。

爲今日計，姑爲補救之術，莫若將高橋以南之民埝，加築堅厚，藉爲範圍。永定漲發不過三四日，而堤內窪地，形勢寬闊，引河入之，散漫塡淤，儘堪容受。俟水停泥沉之後，然後開挖民埝，用椿葦褁頭，决水放出，如此則泥留窪底，水洩淀中，如南運放淤之法，庶免目前淤淀之患。迨數年後津水窪淤高，不能受水，徐圖更議耳。

查此二段之意，前段贊許督河諸臣於永定河上游不修堤堰。但於逼近河溜城池村落圍築護堤免被河溜冲毀之議，余於民國二三年測量北運河時，至通縣平家疃，見該村逼處河邊，即自築有此類之護堤。以爲沿河村莊，若皆如平家疃築有護村堤，卽使偶有水患，何至遽有室家漂沒之苦。嗣於民國八年測量黃河時，有沿河各村築有此類護堤之處甚多。尤以山東境內由臨濮集至小路口二百里縷堤遙堤之間爲多。彼等之築護堤，多爲城式，蓋兼以防匪也。民國十九年，余任黃河河務局局長，

秋汎水盛，將北岸第一段灘坎沖潰甚廣。由串溝漫流至堤之水，順堤下行至壩頭鎮，會於正流，漫淹灘內之地，約長百餘里。余由壩頭鎮上行，逐段踏勘，見灘內村莊，其平素築有護堤者，雖亦宛在水中，而護堤內之房舍，均皆無恙。當時督河諸臣之議，不爲無見，從可知矣。至後段所云，即於高隄民埝以北，造一現今所謂之沙漲地，永定河漲發不過三四日，迨渾水在民埝之外略爲澄清後，再放之入淀入河，免將淀河淤塞，其計畫與爲永定河添南北遙堤，使水蕩漾於三角淀之內，迨水稍清再入北運之意正同。且陳學士所擬議之沙漲地，與前順直水利委員會所擬議之永定改善南道計畫中之新沙漲地，其區域竟甚相近。古今中外河工專家，其智識固不相遠哉。

(五)前順直水利委員會之南道北道計畫

熊公秉三主持前順直水利委員會事，約逾十年之久。於其終也，成一順直河道改善建議案。其關於改善永定河一段，錄之如左：

永定河爲五大河中號稱難治之河，其所含泥沙太多，無論流入各河，均足爲各該河之實累。必須爲之另闢尾閭，直達於海，方可免除順直省區之大患也。羅斯總工程師之計畫，根據民國十三年大水流量，在懷來縣官廳以上地方，爲每秒鐘有五千七百五十立方公尺。故擬於官廳地方，建築蓄水池，造一攔水壩，頂高爲海平綫四百五十二公尺，限其下行流量，每秒鐘不得超過一千五百立方公尺，以殺其澎湃之水勢。如此則雖再逢民國六年之大水，三家店流量，不應有每秒鐘五千二百立方公尺，而僅有三千五百立方公尺。又於盧溝橋之減水壩，改爲新閘，使其洩量可達每秒鐘一千一百立方公尺，盧溝橋以下之金門閘減河，加以改造，使其洩水達每秒鐘五百立方公尺，再除加地土吸收耗損十分之一之水量，則在金門閘以下之永定河流，總不使其超過每秒鐘一千二百立方公尺，而後兩岸堤防，可免漫溢之患。其入海之道，因該河沙漲地之上端，已高出平常地面六公尺至八公尺，其儲水之功用已盡，不得不另闢尾閭。故本會以此問題分爲兩點，其一，以永定河水直接歸海，使其經行於舊沙漲地間，而就一限制之河槽，越北運河，再取道金鐘河。其二，則於舊沙漲地之西南，另闢新沙漲地，並自第六埠起，築一新河槽，直達海河之南，歸入直隸海灣。此新河槽，不特可爲永定河之尾閭，如大

清子牙南運河之水，當盛漲時，皆可由此道直接入海。卽置永定河問題不論，欲洩大清子牙河及盧溝橋減河金門閘減河等處盛漲之水海河不能容者，此新河亦所必要也。所有改善工費總額，分爲三項。

第一項，自永定至金鐘入海，共費洋一千七百二十三萬零六百元。

第二項，自永定河取北道經舊沙漲地入海，工費洋四千五百七十六萬一千五百元。

第三項，自永定河取南道，另闢新沙漲地入海，工費洋三千二百七十九萬五千九百元。

比較三項工費，自以第一項爲最少，第三項次之，第二項爲最大。但因海河工程局平爵內技師對於第一項之計畫，以爲永定河由金鐘河入海，則泥沙集於大沽口北岸，恐流入大沽海港，爲大沽口門之害，於是羅總工程師，始改計注重於第二第三項之計畫也。此中關係五大河利害重要問題，希齡當於下文發表其所見也。

茲更將其所發表關於永定河之意見，擇錄如下：

本會所擬永定河另闢入海尾閭，截斷北運以達金鐘河而入海，與截斷南運以達直隸海灣，其中當有去取。希齡以爲永定河之水性，根據歷史上之沿革，實多向於海河以北。自前清雍正以後，一部分導由南行，以致東西兩淀大清子牙等河流域，皆受其影響。今若順現在正流入北運之道，使由金鐘河以達海，實合於因勢利導之策。而經費只須一千七百二十三萬零六百元。較之由第六埝以入海爲省一倍。且於原有之北運航路，無所妨礙。因一方可於北運向海河方面築一活動新閘，一方可於新開河迂迴金鐘河以入北運，排洩航務兩者均得兼顧也。若夫截斷南運以入海，則於大清子牙南運三河之航路，皆有關係。雖亦可以利用活動之操縱機關，其費爲最鉅。

昔人所擬改南堤爲北堤，另闢新河槽，使適合於新測之流量，則其功更甚於補苴。但遷移村莊墳墓之困難，非有偉大能力，不能辦理。實爲數百年所難解決之問題也。

余對於以上所述，欲有所討論。在未討論之先，有不得不聲述者。則熊公爲治河先進，其所網羅從事計畫之中外工程師，旣皆爲一時之選。則所有之改善建議，自當經過一番之詳細審核。然而余猶欲有所討論者，蓋以此事關係重大，旣有所知

，不敢自歉。旣非指摘，亦非攻擊，當爲有識者之所共諒也。况余之於河工，得有一知半解，亦爲熊公之所栽成，更何敢吹毛求疵。西哲有言，吾愛吾師，吾尤愛眞理，余對熊公順直河道善後建議之討論，亦猶此耳。

熊公之順直河道善後建議，其所根據之材料，應爲前順直水利委員會十四年出版之順直河道治本計畫報告書。此報告書中所載之永定河改善工程計畫，計爲：

(一)永定河雙營以上之工程，爲官廳攔水壩工程，盧溝橋至金門閘工程，金門閘至雙營工程，共預算爲一千五百八十九萬八千五百元，如採用南道另造新沙澱地計畫，則金門閘至雙營工程中，可減去二百四十三萬零五百元，餘數爲一千三百四十六萬八千元；

(二)永定河新沙澱地工程，其預算爲六百六十九萬五千五百元；

(三)天津迤南入海新河工程，其預算爲一千二百六十三萬二千四百元；

(四)就現在沙澱地闢新河入海工程，其預算爲一千七百二十三萬零六百元。

就上列四項而討論，如就現有沙澱地整理永定河，則工程費爲自官廳起至現有沙澱地之一切整理費用一千五百八十九萬八千五百元，及於沙澱地內開新河自北運河入海之費用一千七百二十三萬零六百元，共爲三千三百一十二萬九千一百元。而報告書內，又將由天津迤南新河入海之工程費一千二百六十三萬二千四百元加入，使其總數爲四千五百七十六萬一千五百元，一永定河豈能由北運入海，同時又由天津迤南新河入海哉。此數若非另有原故，恐有錯誤。熊公列其工程爲三項，實則僅二項，其所列之第一項，卽就現有沙澱地整理永定河之第二段工程耳。觀上文不難明也。如造新沙澱地整理永定河，則工程費爲自官廳至新沙澱地整理費一千三百四十六萬八千元，新沙澱地工費六百六十九萬五千五百元，及由天津迤南新河入海工費一千二百六十三萬二千四百元，共爲三千二百七十九萬五千九百元，較就現有沙澱地整理永定河，少三十三萬三千二百元，相差之數，固不甚懸絕也。

熊公力贊實施第一項計畫，但此第一項計畫，爲第二項計畫中之第二段工程，如僅實施此第二段工程，而不顧及第一段工程，卽使第二段工程完成，其利於民者亦至有限。何則，現在永定河頻年漫堤決口爲害於地方之區域，爲由盧溝橋至雙營之一段，今捨此段，而專顧尾閭，尾閭工

成，而此段之害仍不能免，則一千七百餘萬之鉅款，豈非等於虛糜。現在頻年忙於堵口工程，已屬不是辦法，若於實施此一千七百餘萬元工程之後，仍是頻年忙於堵口工程，更復成何事體。凡一工程之實施，至少應令地方享數十年之利益，若費鉅款辦成一項工程，工程自工程，損害仍損害，人民何貴此工程爲哉。余以爲熊公所謂之第一項計畫不可施行者此也。然則熊公所謂之第二項計畫，即前述之第一第二兩段工程，同時實施之可乎。曰唯唯否否，前述之第一段工程中，其由盧溝橋至雙營一段，其計畫不無可以討論之處。茲將前述順直河道治本計畫報告書中所載之關於此段分配水量及治理之計畫，列之如左：

今假設在盧溝橋以下之永定河流量，應規定至每秒二千立方公尺而止，則當最大流量爲每秒三千三百立方公尺時，其所餘之水量，必自盧溝橋旁之減河洩入小清河。故在減河口之閘，須經改造，並設置可以啓閉之閘門。今當盛漲時期，小清河之洩量，可達每秒一千一百立方公尺，故照上述之計算，所增水量無多，不過其平常洩水之時期，較今爲久耳。在盧溝橋之最大流量，超過每秒三千三百立方公尺者，其機會固甚少，而其爲時亦至暫。惟遇此種情形時，當將所增水量，分配於小清河及永定河。

據本會觀察，知在盧溝橋金門閘間，河水受地土吸收等之損耗量甚巨，今假定其洪水時之流量，每秒二千立方公尺內損耗十分之一，即每秒二百立方公尺，則在金門閘之最大流量，當爲每秒一千八百立方公尺。設再將金門閘減河加以改造，使其洩水達每秒五百立方公尺，於是在金門閘以下之永定河流量，不過每秒一千三百立方公尺，再減去若干爲地土吸收及其他耗損之量，則在沙漲地之兩端雙營附近，永定河之最大流量，當僅有每秒一千一百立方公尺矣，本會復主張於金門閘減河口，開一短距離之河槽，以直達小清河。

本會建議自盧溝橋至金門閘河身之寬度，當加以限制，勿使其超過一千二百公尺，並於沿河各處，築成若干石壩，以抑制水流，使其行於限制之河槽中，俾於堤外得漲成廣闊之灘地。自金門閘以下兩岸之堤，其距離鮮有在六百公尺以上者，此處僅須較小之石壩審置各處，以限制河身，減至五百公尺。

細繹前二節之意，至盧溝橋之總流量若爲三千三百立方公尺，可分洩於小清河

一千八百立方公尺，沿永定河槽耗損四百立方公尺。結至雙營舊沙漲地之兩端流入下游之流量，爲一千一百立方公尺。卽令分洩於小清河之水亦耗損四百立方公尺，由小清河流去下游之水，仍多於永定河正河之水三百立方公尺。且一則曰盧溝橋減壩及金門閘須改造，再則曰復主張於金門閘減河口開一短距離之河槽，以直達小清河，無非期望永定河多量之水，迅速洩去小清河而已。自永定河之立場點計之，待此項工程完竣後，河防可固，水患可去，何嘗不盡善盡美，庸詎知小清河沿岸之人民，其受水患，較之永定河決口有過之而無不及哉。蓋尋常決口，南北兩岸有同等之機會，而此則小清河沿岸人民，專承其敝也。凡一計畫之成立，須先詳考其歷史，與夫當地之情形，若全然不顧，迨計畫完成而不能施行，是何異閉門造車，出門不合轍哉。堵閉金門閘問題，業已糾纏數年，小清河沿岸人民，主張堵閉金門閘，宛平縣人民，反對堵閉金門閘，一則恐其洩水淹毀其田莊禾稼，一則恐其不洩水擁水決於上游，淹毀其田莊禾稼。前永定河河務局孫局長慶澤，爲維持現狀而不偏重於何方，且觸一方之怒，而屢被其控告。倘再洩多量之水於其地，而無以善其後，余知其風波必較前爲烈無疑。故此計畫，以鄰爲壑之計畫也，倘不修正之，余未見其能行也。且若不憚以鄰爲壑之嫌，余更有較好之計畫，卽將餘存於永定河槽之一千一百立方公尺之水，於北岸求賢壩處建一閘，洩之於求賢壩迤下之減水河是也。如此，則永定河下游可以無水，而整理尾閭所需之一千七百餘萬元，可以全然節省，豈不善哉，而無如其不能也。何則，今日之言治河者，以防災爲第一著，防災計畫，僅洩水於堤外，而不理其歸宿，未見其可也。昔有未嫁女子而養七子者，雖曰未嫁，而嫁已久矣。今計畫防災，洩水於堤外，曰吾已防堤決口，免除人民昏墊之患，不知人民固已飽受其淹沒之害矣。往時黃河由雲梯關入海，徐洪槽窄，靳輔總河於徐州迤上建閘，分洩水量，康熙皇帝諄囑將此分洩水量，覓闢歸宿，使無爲害於地方人民。彼堂高簾遠之皇帝，對於此等事猶復特別注意，豈可以河工名家者而忽之哉。或曰盧溝橋金門閘兩減河，本用以洩盛漲者也，茲仍用之以洩盛漲，應無可議也。不知此二河，在前清卽是以鄰爲壑之計畫，查金門閘減河，開之在先，據之載籍，本如北運河之龍鳳橋，用以洩水入內，後因河槽淤高，乃變爲向外洩水。嗣因向外洩水，猶不足用，又當光緒在位多雨之年，遂屢屢氾濫，危及京師。於是

召東河總督奉新許公振禕北來，籌畫澹災辦法。許公遂於光緒二十年開此盧溝橋減河，分洩洪流，以入於小清河。惟自彼時小清河一帶之水災，遂日益加劇，一遇永定分洩漲水，小清河卽有溢水淹沒固永雄霸等縣田莊禾稼之患，彼時爲保障京師，又無所謂通盤計畫，其出於此，無怪其然。今擬完成一通盤計畫，估計應需之款項，至有數千萬元之多，從前以鄰爲壑之缺陷，豈可習故蹈常，而不細爲考量，設法以補救之乎。設計河道，應從民衆利害立場上著想，若從官府利害立場上著想，則分洪入清之計畫，實有足多。蓋分洪入清，永定河可望安瀾，小清河爲民埝，民埝決口，大清河官堤可以不致出險，豈非兩得。無如固永雄霸人民之罹於昏墊何哉，設計永定河，而不計及此點，未見其可也。

至謂昔人擬改南堤爲北堤，另闢新河槽，遷移村莊墳墓，非有偉大能力，不能辦理云云，實則自古治河，卽少如此辦理者。咸豐五年，銅瓦廂決口，黃河北趨，當時丁寶楨巡撫山東，爭言須遷縣治村莊以避之，李文忠公謂無如彼辦法。而今黃仍北趨，縣治村莊多仍其舊，則李說驗矣。蓋河經一綫，其爲害僅氾濫之時則然耳。

（六）建築水庫說

朱子云，治水先從低處下手，此在彼時則然耳。若至近世，則有先從高處下手者矣。其法維何，於上游建築水庫，使洪水不致同時全數洩之下游，免其漫溢河槽，淹沒田莊禾稼是也。河北省河道中之水庫，多在中下游。如南北二泊，東西二淀，及七里海潞河淀是。民國六年大水，余曾著一京畿水災河工善後意見書，上之熊督辦。內有一節，言永定河可於上游各支河造湖蓄水，減免下游漫決之害。惟當時無測繪圖籍，可資依據，以完成具體計畫耳。民國七年，前京漢鐵路藝務顧問普意雅，著有水災善後問題一篇，內第六章專論人造大湖，亦僅論造湖之原則，而未詳及造湖之具體辦法。然亦不無可以參考之處。玆擇錄要件如下：

此種大湖，應容納歷年來一年最大之水量。算定此容量應參照下列二事：（一）本河之流域及其支流之面積；（二）地質之種類及其滲性之强弱。至於湖之地點，宜以下列各項爲標準：（一）宜迫近河流趨入平原之處，以便吸收最大量之河水，及山水之匯歸於河者；（二）宜擇河床傾度最急之處，使該湖無須過長；（三）宜在山谷最狹之間，使堰牆極短；（四）鑿湖地點之土質，宜具密性，以免滲漏，易言之，堅

石岩火岩，均屬適宜，灰石岩則不適當；（五）宜擇窮鄉僻壤人烟稀少之區，俾省收買淹地之費。

前順直水利委員會，民國十四年所發表之順直河道治本計畫報告書，內載該會對於整理永定河計畫中，曾建議在官廳地上建造攔水壩一座，利用懷來平原爲蓄水之地。因其天然形勢，利於存水，造壩之費，估價僅二百五十萬元。計其地爲永定河出山之孔道，山峽僅寬七十公尺，兩旁皆屬石壁，平時水面高度，在大沽海平綫上四百二十九公尺又百分之七十，十三年七月十三日水面高度，在大沽海平綫上四百四十三公尺又百分之八十，水位相差十四公尺又十分之一。更向上游入山峽時，其水面高度爲高出尋常水位十七公尺。官廳以上流量，爲每秒鐘五千七百五十立方公尺，至經過山峽，減爲四千三百立方公尺，假定在官廳造一攔水壩，頂高爲海平綫上四百五十二公尺，限其下行流量每秒鐘不得過一千五百立方公尺，則雖再逢民國十三年之大水，三家店不應有每秒鐘五千二百立方公尺，而僅有三千五百立方公尺。鑽地試驗石底，平均在海平綫上四百二十七公尺，壩頂如爲四百五十二公尺，築壩高僅二十五公尺。

自順直水利委員會，改爲華北水利委員會，續繼研究建築水庫，有更多之計畫，民國十九年中國建設協會所發行之中國建設水利專號，載有徐君世大徐君宗溥所著之永定河治本計畫大綱，其所論消納洪流辦法，計有（一）建築水庫（二）修理堤防疏濬河槽，（三）引水入其他河道或另闢減河，（四）改道（五）混合各法。茲錄建築水庫辦法如左：

（甲）建築官廳水庫　永定河在懷來平原官廳地方附近流入山峽，峽之狹處，平均寬僅七八十公尺，兩岸皆石壁，而上游甚寬，實一天然水庫。茲擬在官廳下游約半公里處，築攔水洪壩一座，抑制洪流，壩高二十五公尺，庫量約一百五十兆立方公尺。壩中設涵洞，以民國十三年洪水爲根據，計畫涵洞面積，限其下行水量，最大不得過每秒一千五百立方公尺。

（乙）建築石匣里水庫　桑乾河在宣化石匣里流入山谷，其形勢與官廳相似，亦一良好之水庫，谷口僅寬一百公尺，擬築一與官廳同樣之攔洪壩，設涵洞以節流，如壩高必三十公尺，則全庫容量，可達一百二十兆立方公尺。

（丙）建築官廳與三家店間水庫　治理永定河，若僅在官廳以上建造水庫，限其洩量，尚不足以去其患。蓋官廳以下流量尚巨，十八年八月間洪水，其流量來自

官廳三家店間者，達每秒三千七百立方公尺，卽使官廳業已建庫，而三家店最大流量，當尙有每秒四千立方公尺以上。此等巨流，實足使永定潰決而有餘。故官廳與三家店間，非設法蓄水不可。茲擬在官廳三家店山谷間，擇其狹處，逐段築壩，設洞節流，計共設壩五座。洪水時成爲梯湖，其蓄水量可達二百八十兆立方公尺以上。至涵洞之設計，當以十八年洪水爲根據，限其流量每秒不得過一千立方公尺。

考之往籍，證之西書，築造水庫，實爲防範水災較善之一種辦法。河北省南部之南北二泊，大淸河流域之東西二淀，其較然者也。比年以來，歐美各國所造之水庫，幾難更僕數。中國倣而行之，於山峽狹之處，築造攔水壩，自當可行。惟需費過多，且實行時，必諸多困難。蓋可以造水庫之處，旣爲山峽窄狹之處，已略具蓄水之功能。其上游因水緩沙停之故，必多爲較爲肥沃之地，且住有村落必夥。一旦令其遷讓，改爲水庫，阻力必至橫生。前順直水利委員會派員調查滹沱河上游有無可爲水庫之地點，結果覓得南莊一處爲最合水庫之用。但其中有村莊二十，約計購備田畝遷移村莊需費約四百萬元。加之其地工程總數約在二千萬至二千四百萬元左右。前述之官廳水庫，據前順直水利委員會估計，築造費約爲二百五十萬元。收買民地及遷移村莊費爲五十萬元，果其實行，遷移村莊之事，能否辦到，仍是問題也。

（七）造森林說

今日談防制永定洪水之策，猶有多畢大造森林之說者。實則造林防洪，其說經歷年之研究考查，已有不盡然者矣。據之美國溥爾大佐考查摩理麥克河與森林之關係，其結果於一千九百十年五月二十三日編有報告。茲擇要譯如左：

此河流之樹木，自有人來，卽經繼續利伐，然自一千八百六十年至一千八百七十年以後，雖仍利伐，却增約百分之二十五。此河流之雨量，未經森林減少而減，亦未經森林增加百分之二十五而增。此河流域及其近處安有雨量測站。自其五十年至九十年之記載觀之，雨量與森林之變多變少，全無關係，此河之流量，視降於其流域之雨量多寡而異。森林雖加多至百分之二十五，流量與雨量之百分數，不見有何變更。漲溢之頻數，未因森林之增加而減，亦未因森林之減少而增。多年一見之大漲溢，尤與森林無關係。

米德爲美國第一流水利專家，其考查維斯康遜省森林與河流之關係，得結論如

左：

要而言之，維斯康遜省之森林，雖刊伐之，於河流之高水位平均水位低水位，不見有何好影響，亦不見有何壞影響。

茲更將前順直水利委員會，關於雨量與直隸西部聯山造林之關係之考查，錄之如左：

中國北部夏季七八兩月，大雨時行，每演成災象，曾有多人發表意見，以爲若將直隸西部聯山大舉造林，則降雨可使較今匀稱。一經考查，理由似未充分。蓋中國北部夏季降雨之所以多而急者，實因海中大風爲之媒介，此多而且急之雨量，卽爲演成直隸水災之原料。大風之起點，在南洋雅伯瓜木兩島，每當五六月，風勢趨西，直至安南及中國南部海濱，至七月間風遂北行至香港以北之中國海濱，此後則愈趨愈北，直至九十月間，風路已在台灣迤東，漸漸向日本南部。當大風旣抵中國海濱以後，卽有漸趨內地之勢。凡風所過之處，卽降大雨，演成水災。當七月下旬八月上旬之間，其已至內地之大風，適過直隸西部聯山之阻隔，於是直隸東部平原之上，遂致多雨。造林之爲有益，自不待言，特造林而可使因海風所致之雨因之減少，似非情理中之所有。

由上各節觀之，欲造森林以防洪水之災，其勢有不能行者矣。然而於永定河，則有不盡然者。何則，今人之談河北省河患者，稍有識者，莫不知以永定河爲最甚。究之永定河所以爲最甚者何在，亦曰以其性善淤而已矣。然則如能將其善淤之性爲之改變，其將來爲患，决不如今日之甚，可斷言也。廣造森林，雖不能減少雨量，因之減少洪水之限度，而根在地中，糾固盤結，有保護石土之功能，枝葉敷布，遮蔽日光，地面水分，不至蒸發揮散無餘，有涵養水源之利益。今永定河自石景山以上之上游，西山一帶，尙有少數之森林，其他若延慶懷來涿鹿原陽一帶之山，若赤城萬金陽高豐鎭一帶之山，固皆童山濯濯，而山石又多已腐化。一遇急雨驟來，卽被摧破而挾以俱流，下入河川，益流益碎，石亦變爲沙泥，此河所以挾帶沙泥獨多者爲此也。倘有森林，其淤積之程度，决不至如現在之狀況，而爲患較輕可知也。或曰廣植森林，可有保護石土之功，減少淤積程度，茲旣已聞命矣。而涵養水源，於平時增多水量，於永定河有益乎。是亦有說。永定河上有兩句歌言，曰四月晒河底，六月沒房脊。余嘗與舊河工家研求此二句歌言之意義，皆曰河中最怕無水，

無水則風沙極易將河槽塡塞，永定河水之來，其勢極爲洶湧，以極洶湧之水，行之於無河槽之兩堤中，東衝西撞，極易發生新險，而致决口，又永定河防險工作，多爲稭埽，稭埽之爲物，河流常經其處則經時可以較久，否則時溼時乾，極易腐壞，而致蟄陷失事。所謂涵養水源，亦與永定河水有深切關係者此也。

（八）永定河治法之我見

以上所述，關於永定河之治法，皆通人碩士，水利專家，經積年累月之考究而後出之者。淺學如余，豈容更有歧議。然河工關係重大，苟有一得之愚，何敢遽安緘默。知我罪我，不暇計也。

中國河工專家最有成績，當首推夏禹。禹之治績不可見，禹之治法尚可尋，孟軻氏稱禹之治水也，行其所無事也，何謂行其所無事，卽古人所謂上者因之之謂也。孟軻氏又言，爲山必因邱陵，爲下必因川澤，吳開運河，必穿刊溝，隋煬帝開運河，亦藉連鎖寶應高郵射陽諸湖而成之。西漢河患多，東漢河患少，黃河當西漢淤積極敝之際，時虞决口，東漢則於莽河成後，東下極順也。王景治之，因其東下之勢，不復强之何向，因之遂享善治河之美名豈非幸歟。孟軻氏稱禹之治水，行其所無事，當時必有所本，惜今不見矣。愚見所及，以爲禹之得名，亦有似於王景。試舉其說。禹貢所載導濟之文曰，導沇水，東流爲濟，入於河，溢爲滎，東出於陶丘北，又東至於菏，又東北滙於汶，又北東入於海。余以爲此濟道，卽禹以前之黃河舊道，經多年之淤積，下游壅阻，故於堯時改流北向，堯命鯀治之，鯀急築堤堵之，堵之多年不成，損失人命錢財不少，所以堯殛之於羽山，以謝人民，而命禹繼續治理之。禹已隨鯀多年，治河之閱歷已深，鑑於堵之不成，於是改絃更張，出之於疏。迨將下游九河疏之順軌，而成所謂禹跡者，上游亦遂不復氾濫，而人民得以安居樂業，而頌聲不息矣。謂余不信，則正當禹跡河流之衝，如現在之清河威縣一帶，尙有所謂鯀堤者。故老相傳，當非盡誤。治河宜重一因字，非如鐵路工程，任擇一綫卽可以敷築之也。在明清兩代之黃河，銅瓦廂本爲一大險工，待至咸豐五年，修守不力，冲决北向，流經長垣濮陽荷澤陽穀各縣，下竄汶河入海。當時議挽南向之人，不乏其徒，卒之準情酌勢，就新道而略施東範，亦竟相安矣，潮白河自於民元在李遂决口後，屢堵不獲，亦不得不順其東下之性，而加之治理矣。易曰窮則變，變則通，遇窮之時，而不思變，適自尋其苦惱耳。永定河現在之治法，早已至窮

之之時，而習故蹈常，不思有以變更之，余未見其可也。

舉河工家有一種迷信，謂永定河應別由一道入海，不應使之入於他河。其意若曰，永定河善淤，無論入何河，必將其河淤塞，若將其改由一道入海，使其所挾之沙泥，俱輸之於海中，豈非至善。不知此乃理想之談耳，事實上不如此之易也。何則，河北省之各河，其系統甚繁，幾有牽一髮動全身之勢，永定河南限於大清河，東限於北運河。欲其自闢南道入海，則大清河須先改道。欲其自闢東道入海，則北運河須先改道。而二河各有特別情勢，未可輕言改道。即使二河均可改道，而永定河亦可改由一道入海，而其所挾帶之沙泥，亦未見其可以全挾之入海。蓋水流挾沙能力之大小，視乎流速之急緩以爲斷，而流速之急緩，與河流水半徑及河底坡度兩者之平方根，成正比例。永定河底之坡度，在官廳三家店之間，爲三百分之一，及至三角淀西端調河頭一帶，則爲四千五百分之一，按之算理，河流在下游失之於坡度者，可以增加水半徑以抵補之，換言之即夾築高堤束水以刷沙耳。不知當洪水時期，河流在上游山中，坡度既陡，槽亦成形，無論下游築堤若干高若干近，皆不足以抵補上游河底之坡度，即所挾帶之沙泥，必致游積於下游流槽之內矣。永定河槽之淤積，高於堤外地面六公尺至八公尺，固已有目共睹。試觀其餘各河，如北運，如南運，如大清子牙，其河槽以積年之淤積，孰不高於堤外之地乎，即此理也。然則以爲永定河另道入海，即可將沙泥皆輸之於海中者，徒妄想耳。前清雍正三年，上諭怡親王允祥，令引渾河別由一道入海，鑒於信安高橋勝芳辛張等淀，淤成平陸，令其勿使入淀，人多稱贊此諭旨，爲大哉王言，能攬全河之局而居其要。彼時人民對於所謂皇帝者，固不能不出此頌聖態度，實則怡親王之治蹟，不過將永定河於郭家務改挖東行，開下流之長海河，因歸三角淀而注之河頭，藉之敷衍公事耳。不然，使永定河不入東淀，而入三角淀，即可謂之另道入海乎，甚不然也，然此非怡親王之咎也，蓋爲地勢所限，而莫可如何也。

舊河工家外此仍有一迷信，以爲河北省之各河，爲山西察哈爾熱河三省之洩水渠。其方向先前皆自西而東，自北而南，或有西北而東南，分途入海。自以運道爲重，掘成南北運河，橫阻各河直下之路，使失其自然之性，所以各河始爲患於地方。今欲治之，應將南北運河改道東下，各河亦使其直接入海，河患庶具有瘳。此論

勇則勇矣，假使果爲實行，亦未必無多少之好處。特已成之局，若驟改變，牽掣必多。現在沿各河之村鎮極夥，人非水火不生活，一旦將河流改變，沿河人民之飲料灌溉，即是絕大之問題，而破壞運輸系統，低減天津繁榮，猶其小焉者也。試觀前順直水利委員會堵築金鐘河上游，而以新開河代之，以接於其下游，王串場一村，感受極大之痛苦，屢次呈請恢復已堵之一段，猶復不能不准其建閘洩水，况沿河兩岸無數之村莊乎，故此說可言也，不可行也，蓋徵之往事，已可知也。

然則永定河究用何法以治之乎？欲研求永定河之治法，應先研求河北省各河未有隄防以前之地形，何處爲何河淤積之區域，何處爲何河水流之軌道，因其自然之勢，以擇定現下應行之途徑，所爲下必因川澤也，河北省中部善淤之河，爲永定河滹沱河及漳河，前於第一章已言之矣。此三河之上游，有三河之分水嶺，固已盡人皆知，而三河下游有三河之分水渠，留意者蓋甚少，何爲三河之分水渠，即滹沱河漳河間之南北二泊，及永定河滹沱河間之東西兩淀是也。此兩泊兩淀，因其兩旁皆係挾淤最重之河，將兩旁之區域淤高，而成其爲泊爲淀也。自各河有堤防束範，其所挾沙泥，淤積較遠，所以所謂泊所謂淀者，皆漸淤起，非其本性然也。使各河無堤防以束範之，則此二泊二淀，終古爲二泊二淀可也，南北二泊與永定河之關係甚少，茲專論東西二淀。東西二淀，居河北省之中部，地極低窪，吐納衆流，有無窮之妙用，未可貪一河之利，遽引濁流其中，將其淤塞，致他河亦受無窮之禍，前者于成龍於康熙三十七年，永定河入信安高橋等淀，將其淤起，嗣怡親王將永定河引歸三角淀，而成今日之局。陳學士儀，當時謂若復南行之故道，仍歸固霸而注之會同河，以渾入清，滌蕩衝刷，失其壅淤之性，而會同河岸深溜急，泥沙不能暫停。自康熙三十七年以前，溯之前明，皆由此道，河未嘗淤，淀亦未嘗淤云云。其幸而未引復南行之故道也。果當時引復南行之故道，會同河亦淤之久矣。蓋在康熙三十七年以前，河無官堤束之，沙泥皆淤於上游也。果其有堤束之，遠如今日之海河，倘可淤起，何有於會同哉。歷觀各河挾帶沙泥淤積之區域，潮白河爲由密雲至通縣一帶，滹沱河爲由平山至深武饒安一帶，永定河則爲由石景山至固霸一帶，通長皆約爲一百五十里上下。語曰天之所廢，誰能興之。試執一人而問之曰，何不將山闢之而爲田，其人必曰，非不願也，勢不能也。又試執一人而問之，曰何不將海涸之

而爲地其人必曰，非不欲也，勢不行也。然則此沙泥淤積之區，欲其免於沙泥淤積之患，雖不若闢山涸海之難，而要之亦不易也。試觀永定河自盧溝橋至雙營兩堤以外之地，因有兩堤防之，宜可以爲美田矣。而頻年決口，其爲沙壓固不待言，而因受河底滲水之浸漬，十九變爲磽瘠之地，豈非其明效大驗哉。永定河流既不能另由一道入海，因其所挾沙泥過多，又不宜引之於東西淀，以將天然潴水之區淤塞，其所挾之沙泥，究應置之於何處乎。曰，亦應仍置於其前淤積之區而已。惟置之之法，宜詳思審處，既不宜使之淹沒村莊，又不宜使之沖毀田畝耳。俗有勤泥懶沙之說，蓋謂沙性沉重，水流挾帶較難，多淤積於上游，泥則體質輕而多淤積於下游，淤沙毀地，淤泥肥地，眞所謂吹之則寒，噓之則溫，其間不能以寸者也。河北省歲費數十萬元，修理各河堤防，豈非望其不至於決口，而淹毀人民之村莊廬墓乎。而人民有怨其不決口而扒掘之者，扒掘之人出於對岸之人，猶可說也。而亦有出於本岸之民者何也。則以放淤爲大利之所在，雖村莊少受淹沒之害，而亦有所不計也。南北兩遙堤之內，村落不下數百，前清豈不有諭令其遷徙，而何以延之百年，竟無有遷徙之者。豈但無有遷徙之者，湯河淀北二十四村，於民國十八年之頃，且復呈請當局，放永定河之水入其區域，若惟恐其不被淹者。豈非望有淤泥以肥其田畝哉。現下整理河海委員會所修之閘壩，擬開之河渠，凡以爲放永定河之水經其區域也，將來此種閘壩河渠修成之後，於海河之利益若何，此時難以懸斷。所可斷言者，淀北二十四村一帶之地，其必變爲膏腴無疑也。永定河之沙泥，既可以肥沃遙堤以內之地，又可以肥沃淀北二十四村一帶之地，設運用之亦使之肥沃由盧溝橋至固壩堤外一帶之地，當非難事。觀夫北二南二一帶之河灘地，其肥沃之部分甚多，不可爲其證驗歟。故余以爲永定河之治法，應順其性，將小清河加以整理，使永定河順其就下之性，由之以入於大清河，一如前明故事，使沙泥落淤於此盧溝橋至固霸一帶，而餘清水入於大清河是也。整理之法，沿河加以疏濬，使成河槽，更相度適宜地帶，築造多道橫壩，壩前栽埋臥柳，小水之年，水由河槽，自不爲患。水大之年，有壩橫阻。其通流處，水流湍激，可以將河槽刷深。其背流處，有壩壅阻，可以淤積沙泥，肥沃田地。惟逼近河流之村莊，不免有沖刷淹沒之患，則輔助村民，築造圍堤，一如余前述北運河之平家疃，及黃河堤內之少數村莊故事似亦可以捍禦之。

北面遙堤，以現下永定河南堤充之，不另修築，南面遙堤，則斟酌情形爲之，縷堤則完全免築。大清河加此一股之水，其河槽應疏濬之，使可容大清永定二河平常水位之水。至爲東範二河大水，則仍不能不望之於南堤，使其高而且厚大。清河一帶，地窪水多，當局者應提倡大規模之水產事業以補救之。水產事業，如其提倡得法，居民所得之利益，不必遜之於旱田也。

至爲下游尾閭排洩多量之水計，余以爲前順直水利委員會擬於六堡造操縱機關下開減水河由津入海之計畫，似可實行。故余之對於永定河根治計畫，以爲盧溝橋迤上，應造森林，造水庫。盧溝橋至大清河間，應改道，大清河至海間，應加闢尾閭。對於改道之辦法，所襲者改南堤爲北堤之意，所採者築造護村堤之跡，所擬者於河槽添築橫壩之議也。

或曰如永定改道，小清河一帶之人民，豈不罹患更重乎。是蓋不然，前者對於大水之來，無有防備，出於意外。今者加以防備，其爲患程度，自當有別。再查永定河之爲患地方，在洪水時則然耳，平常水時，水雖經小清河不爲患。洪水時，永定河十有八九必至決口爲患，雖有堤而不能防之。茲將自民國六年至民國十九年十四年間永定河最大流量，列之如左：

年別	洪水量別(立方公尺)
民國六年	五千(決口)
民國七年	未測(但知極小)
民國八年	二千
民國九年	二百九十六
民國十年	五百六十
民國十一年	三千七百六十
民國十二年	一千一百
民國十三年	五千(決口)
民國十四年	一千五百
民國十五年	一百九十
民國十六年	八百
民國十七年	未測(但知極小)
民國十八年	四千二百四十(決口)
民國十九年	極小

前順直水利委員會擬於大水之年，將永定河之洪水，分洩小清河一千八百立方公尺。分洩一千八百立方公尺之水，自當有容一千八百立方公尺之預備。試觀前表，已往十四年中，永定河之最大流量逾一千八百立方公尺時凡五次，五次中決口凡三次，卽民國六年，民國十三年，及民國十八年是也，民國八年爲二千立方公尺，去一千八百之數，不甚相遠。所差者，僅民國十一年之三千七百六十立方公尺耳。由此觀之，如令永定河改道，則小清河一帶人民受災之機會，僅較不改道時，多十

四分之一耳。然亦不盡然，何則，如將小清河改爲正河，而以現在之河槽作爲減水河，則有水量三千七百六十公尺之年，必有一部分之水，洩入現在之河槽中，而洩入小清河者，或者不及一千八百立方公尺之水，未可知也。抑尤有言者，如爲冲刷沙泥，河之兩旁，自應築堤束溜。若夫志在放淤，自應任水流之散漫，以便其隨地沉澱水。流散漫，則深度自淺，淺則爲害自輕。余家灤河流域，每有漲水漫過田地一二尺時，禾稼不過稍損收成，不必全部損失也。本年七月八日，永定河水漲，在迴龍廟前之水誌，據云爲一丈八尺有奇，內水底七尺半，實漲不過十一尺。該處河面，約寬五百五十公尺，使其速度不變，則下游寬一千一百公尺處，深度必變五尺半，寬二千三百公尺處，深度必變爲二尺二寸半矣。是言河水漫流則然耳。若有河槽容其一大部分，則兩旁漫地，更不及二尺之深可知也。遙堤以內，不下數百村莊，豈非在永定河之河槽中乎？何以相安百餘年而無事耶？所恃者卽此漫水不深故耳。下游永清安次武清一帶之地，可以如此。上游良鄉涿縣固安一帶之地，獨不如此乎？人民習於所安，未加深思故也。

近年來余有一大惑不解之事，則整理海河問題是也。海河之淤塞，非以永定河挾帶沙泥過多之故乎？明知永定河挾帶沙泥過多，淤塞海河，一方面仍極力束範永定河之水，使之挾帶沙泥入於海河，一方面復大聲急呼，爭言海河淤塞不堪，極應整理。是何異一人自掠其面，而復呼救哉。卽使疏濬通利，亦猶之乎一面自掠其面，一面敷藥安慰之也。治河之事，興利卽以除弊，永定河之沙泥，旣極肥沃。如前治法云云，一方面旣減免海河之淤塞。一方面又可以將小清河一帶之磽瘠之地，放淤使之肥沃，豈非一舉兩得哉。如此百年大計，當局者似不宜以其手續繁難，籌款不易，而漠然置之也。

前順直水利委員會南道計畫，擬利用上段舊河槽，而於三角淀之西，另造新沙漲地，余以爲有兩不利焉。一則此上段之河槽，已至極敝之秋，費用鉅款以整理之。始作之費旣屬不貲，將來維持，仍自不易。二則此上段之河槽，淤積已高，倘一旦引入低下之新沙漲地，水流其中，冲刷必厲，而將新沙漲地早日淤高，減短其効用時間。何如併整理河槽及圍築新沙漲地之兩項費用，以經營此有新沙漲地之實，而無廣購地畝之繁之改道計畫哉。愚見所及，是否有當，是在明達君子之指正矣。

（完）

論雨量之統計

顧世楫

空氣中之水汽，遇冷凝結為水點，受地心吸力牽引而下降於地面，謂之雨。惟因天空氣象，千變萬化，故成雨之原因，非常繁複，而為量之多寡，亦月異而歲不同。雨量統計者，蓋即根據實地觀測之記載，加以綜合分析，使成有系統之資料，而為研究水利及改良農業之助。蓋陸地之水，維一來源，即係天空降落之雨水，及其既及地面，始有滲漉蒸發及逕流之分。滲漉之水，潛伏岩層，成為泉源。蒸發之水，有自水面地面直接蒸發，有自植物枝葉間接蒸發，使降落之水一部復返空際，續演其循環作用。而逕流之水，則自溪澗江河，歸入湖泊海洋。凡此皆與人類發生極密切之關係，其主要關鍵，端在確知天空降落水量之多寡，及其遭遇之頻偶，一切水利工程之計劃，始可有所憑藉。記載雨量之所以視為重要，非無故焉。

吾國有雨量記載最早之時，已不可考。昔欽天監司占驗七政，而不及氣候，可知向無雨量觀測之事。後之有司，遇旱潦偏甚之年，或令民間具報，既乏相當儀器，且無一定方法，含混籠統，殊無科學上之價值。自歐化東漸，於是有外人越俎代謀。其最著者，如徐家滙天文台法人福爾克氏委托各教會各海關設立之測候所，約自民國紀元前十二年起即有記載。其他若天津英工部局之雨量記載，則自民國紀元前二十五年肇始，至今已歷四十餘年，恐為國內最久遠之紀錄。其由國人自辦者，皆在民國以後，如舊都之中央觀象台，農商部，全國水利局等機關，俱有在各省遍設雨量站之規劃。惜因民國初年，政局不定，除在一二處設立雨量站外，餘俱未見實行。直至近十餘年內，各處水利機關成立，始注意於雨量觀測，且因主持之人，深知雨量記載之重要，而其價值，尤貴在經久不輟，故頗視為當務之急，因此不無相當成績。惜各機關所及之範圍，僅限於局部，而又各不相謀，故至今全國各省究有雨量站若干處，莫能道之。

最近數年，建設事業，銳意猛進，中央研究院既設氣象研究所，以促進測候事業，觀測雨量，本為氣象要素之一，自亦注意及之。而建設委員會內政部執掌水政時期，均有通令全國各縣遍設雨量站之明

文，並責成各省建設廳司其事。中央研究院則曾一度召集全國氣象會議，亦有類似之建議。著者皆曾參與其間，以爲不數年間，行見雨量站遍佈全國，凡點滴雨水之及於亞東大陸者，不患無所稽攷矣。顧事實乃有不盡然者，蓋記載之責，諉於行政機關，往往不明其性質之重要。各縣雖有建設局科，主其事者，未必盡係相當專門人才，亦每易忽視此事。因此觀測方法及記載表式，雖皆有詳確之規定，而所得成績，仍不能悉符需要。甚至時作時輟，或記載久絕，以致價值大損，或雖有記載，而疑點百出，難資信賴。凡此固不能盡責觀測者之失職，蓋彼本視記載雨量爲額外之義務，有以應主管者之需求爲已足，而記載如何完善及精確，則非所問矣。彼主管機關，亦惟按時搜集若干資料，或因限於時間，或因囿於財力，既不能逐站實地稽察，而所獲資料，又不能按時整理刊佈。因是彼此隔閡，雖設站之初，未嘗不抱精益求精之心，而經年累月，終至成績渺然者，蓋記載雨量，非一朝一夕之事，不令觀測者對於此事有深切之認識，及相當之興趣，終不易收完美之效果。著者有見及此，故擬將關於雨量統計之事，略爲論列，並望各機關之從事蒐集雨量記載者，將統計所得之資料，按時刊佈，一如徐家滙天文台出版之專集，廣事宣傳。庶幾若干年後，記載雨量一事，可獲實效，而欲參證依據者，亦不煩博訪周諮矣。

欲論雨量統計之法，當先知雨量分佈之大概情形。按地面各處雨量之分佈，至不一律。擇要言之，則雨量之多寡，每因距海或湖沼之遠近，地勢傾斜之緩急而不同。而高山峻嶺之阻隔，以及森林之有無疏密，皆足以使各地降雨量有甚大之差別。故雨量之分佈，不無因地域而殊。近海之地，其雨量必較內陸爲甚，在山系迎海風之面，必較背風之面爲多。而自臨海之地，向內地勢陡峻者，則雨量之遞減甚速，反之地勢平坦者，則無此現象。吾國中部揚子江流域，自上海至成都四千餘里間，其各地每年平均總雨量，所差無幾，而在北部太行山脈一帶，則與河北平原相差甚鉅者，皆地勢使之然也。

此外因緯度不同，氣候寒煖各異，以及受風之影響，使雨量大有差別，更爲顯著之事實。而森林繁密，足以致雨，雖多數學者，尚在將信將疑之間，惟無論如何，森林或有或無之情形，必不相同。不過說者謂造林足以防制洪水，未免難於徵信耳。大抵地面各處之雨量，雖無一成不變之規律，而各有其可循之範圍。如吾國南方多雨，北方少雨，人盡知之，良以其差

別甚著，故易注意。即如天津每年平均總雨量約爲五三〇公厘，上海約爲一，一六〇公厘，香港約爲二，〇三五公厘，可見就每年平均總雨量而論，上海較天津約增一倍，香港約較天津增四倍，地域不同，雨量之多寡，遂亦各異，於此可以證之。不特是也，每年總雨量之最大數與最小數，各地亦相懸殊。茲再就此三地而論，在天津一年之最大總雨量，有近八〇〇公厘者，而其最小總雨量，則僅二五〇公厘，相差三倍有奇。在上海則最大數與最小數約爲一，四四〇及一，〇〇八公厘，其比例僅一•五倍弱。在香港則爲二，四七三及一，四一七公厘，相差亦不及一•八倍。故客地每年總雨量，非特爲數不同，即其逐年之差別，亦有特殊之情形。大抵高亢之地，差別較巨，卑溼之地，則適相反，此即所謂可循之範圍，大致不至逾越者也。以上三處，不過就吾國北中南三部，各擇一地，說明其顯著之差異耳。此項記載，係採自中國之雨量一書，歷時皆不甚久，故數值未盡可恃，惟大體則無甚出入。世界各地，雖未能遍設雨量站，從事記載。但據書籍所載，則亦有足述者。如美國西南部，每年平均總雨量，有不及七五公厘者，而在英倫三島間，則每年平均總雨量，有達三，八〇〇公厘者，其差別可謂甚矣。然此尙係指平均數而言，若論一年總雨量之最大數及最小數之差別，則尙不止此。有如沙漠荒旱之區，終年無滴雨，視爲尋常，而在印度某地，一年之最大總雨量，有曾達一五，二〇〇餘公厘者，可見地面各處雨量之分佈，至不均勻。然印度之與漠北，尙可謂相距寫遠，若吾國黃河揚子江珠江三大流域，則彼此密邇，而各地之雨量，亦自不同，足見地域之限，不可忽視。因此欲知一地之雨量，必於當地設立雨量計，從事記載。而欲知一區域內之平均雨量，則必在該區域內，廣設雨量站，愈密愈佳，即事勢有所不能，亦必平均分佈，始不致有極大之差誤。蓋甲地之雨量記載，決不能移用於乙地，相隔愈遠，愈有差別。至於欲明雨量分佈之實狀，則恆取觀測所得之成績，依其所在地點，繪成等雨量綫圖，即可一覽而知。此項等雨量綫圖，有以每年平均總雨量數繪之者，亦有僅以各年各月之雨量數繪之者，甚至一短時期之暴雨，亦可繪成等雨量綫，以研究其所及之面積。惟在一區域內，設站愈均勻而廣佈，愈近精確，否則難免無出入之虞。

在同一地點，所以逐年逐月雨量各異者，無非因氣候寒暖，暴風有無以爲斷，而各地亦另有其特殊之情形。如在吾國南

部，每年總雨量，雖俱較北方爲多，然一月總雨量之最大數，則僅與北方相埒，此蓋因南方雨多而勢緩之故。北方之雨，大都降於六七八三月，此三月之總雨量，約占全年總雨量百分之八十以上，故分佈至不均勻。南方雖亦以此三月爲多雨之季，但其總量僅占全年百分之四十，故分佈比較均勻。一年中逐月雨量之差別，南北不相同又如此。可見雨量之多寡，因時因地而異，除實地記載之外，端賴綜合分析，始可明其概況。

統計雨量之目的，蓋欲辨別其變化消長之極限，而又欲確知其普遍折衷之情形，最普通之表示方法，爲求其平均數，即將實地測驗之數，按月分年而求其總數，再各取其平均值。於是各地之燥溼可別，而地面狀況，河流大小因以判也。惟此平均數，亦不可僅憑短時間之成績以求之，因高亢之地，每年總雨量之最大數與最小數，有相差至四五倍者，且往往須歷二三十年始得一遇，故若作數年之觀測，極不足恃。據美國斐誼氏之研究，謂欲得某地每年總雨量之平均數，至少須連續作三十五年之觀測，且須準確無誤者，始可與該地之眞平均雨量數，相差不出百分之二。若僅作五年十年以至二十年之連續觀測，則其平均數可與眞平均數相差至百分之一五，百分之八·二五而遞減至百分之三·二五。故觀測時期愈久，愈與眞平均數相近。關於此點，各家之說，雖不盡同，但無論如何，在二十年以下之平均數，決不足恃。

每年總雨量之平均數，及逐月總雨量之平均數，雖爲雨量統計中一要素，然實際應用時，反不甚重要。蓋此項資料，僅足表示各地雨量之大概情形，及一年中雨量之如何分佈。欲施諸實用，必兼知各年雨量之消長，即雨量最多之年爲若干，最少之年爲若干，始於防潦備旱，知所籌謀。不特是也，其遭遇之機會，即每隔若干年可有最多雨量或最少雨量一次，亦甚重要，此可名曰降雨之週期率，或頻率，尋常多以曲綫或實驗公式表示之。有此資料，始於旱潦之預防，更易着手，而統計亦益臻精密。除此以外，則一月之最大最小雨量，及一日之最大雨量，亦當計及。蓋一歲之中，冬濡夏乾，秋潦春燠，各自不同，或且相反，固當注意。然匝月之間，霖雨兼旬，則漲川滿谷，其重要尤勝於平均數。甚至一日之中，大雨滂沱，不數小時，亦足召災祲而有餘，則一日之最大雨量，更當詳知。此皆指多雨而言，若夫少雨，則累月不雨，其影響於灌溉，給水通航等工程，自屬匪細。故凡旱年，則其少

雨時期之長短，亦應加以注意。歸納言之，一地之雨量記錄，其尤爲重要者，約有五端：(一)每年總雨量之平均數，(二)每年總雨量之最大數，(三)每年總雨量之最小數，(四)一年內各月雨量之分佈情形，及最長之無雨時期，(五)最大及勢急之陣雨，及短期內持續之雨。此五者因應用時之性質不同，而重視之程度亦各異。例如注意於灌漑工程者，須重視每年總雨量之平均數及最小數，以及各月雨量之分佈情形，而其尓略遜。計劃給水工程，必特別重視每年總雨量之最小數，及長久之無雨時期，而最大雨量，反無關緊要。注意航運問題者亦然，皆不患水之多，而患水之涸也。惟爲治導疏防之工程者，則適相反，所注意者，爲每年總雨量之最大數，而尤重視短期內勢急之雨，至於最小雨量及乾旱時期，則非所研究。惟測驗雨量時，雖或因其有特殊之目的，不妨偏重於所需要之資料，但普通多以能兼及上述五端爲宜。蓋所增之工作有限，而記載之價値則大增，且日後之利用，難以預定，安知不及其他工程，苟不早爲之備，則時機旣失，誠將無從追溯，豈非徒貽後悔乎。

與農事最有關係者，爲一年中各季雨量之分佈。蓋地面植物，端賴水以孳長，及時降雨，卽天然之灌漑。所謂及時云者，卽當禾稼茂盛，須水最多之時，而天適降雨也。苟降雨失時，則雖有敷足之量，亦無裨益。故論雨量統計，亦當按節季而分別計算之。按陽歷而言，應以十二月起至二月止爲冬，三月起至五月止爲春，六月起至八月止爲夏，九月起至十一月止爲秋。各季植物應需之水量，皆有一定，如夏季恆爲植物最茂盛之時，所需之水量亦最多。苟雨量能適相符合，自是最佳，否則有餘不足，皆須藉人力以圖補救，卽排水及灌漑工程是也。在無雨時期，河中水量所以不卽涸竭者，蓋因有地下水之供給。惟地下潛水亦有定量，若經久不雨，則河川亦能涸竭。此種情形，在北方爲常見，至此雖有灌漑工程，亦將無效。調節之法，惟有將多雨時期之水，設法潴蓄，以補少雨時期之不足，此則須知一年平均總雨量爲若干，始可着手。

統計雨量，除列表求出逐月逐年總和，並多年之平均數外，恆有以數値製成比較圖者，其量之多寡，可以一覽而和，最爲便利。至於若干年內最大雨量，最小雨量，以及平均雨量之數，亦無不可一一繪之於圖，互相比較，凡此大都以年月爲橫坐標，以雨量數爲縱坐標。至於遭遇之頻偶，則有所謂週期率或頻率曲綫，卽以年數或月數化作百分數後作爲橫坐標，而以

雨量數爲縱標。惟此類研究，尤貴乎有悠久之記載。美國近年出版書籍中所載之資料，已有在六七十年以上者，倘若其不足。故在吾國，若於此時卽開始作雨量記載，其頻率之硏究，亦當留待後人從事，苟再不積極進行，則更無作此項研究之望矣。

在短時期內降落多量之雨水，名曰暴雨。暴雨之統計，在防制洪水，及排水工程中，非常重要，城市溝渠工程亦甚注意於此，蓋短時期內勢急之雨，每足致所積之水，不及排洩也。關於暴雨統計所應注意者，一爲雨勢之緩急，二爲時間之久暫，三爲所及面積之廣狹；凡此三者，於洪水之成因，及其量之大小，皆有密切之關係。雨勢雖急，而時間甚暫，且所及面積不廣者，則難成洪水，雖有亦必爲量不大。所謂雨勢緩急，乃包含所降雨量及經過時間而言。若應用尋常雨量計，從事記載，必十分謹愼注意，始可得相當之資料。苟能用自記雨量計，則降落之水量，及其所經過之時間，皆可藉機械作用。自動記出。至於其所及面積之廣狹，則須在一區域內各地，遍設雨量計，然後以所得成績，繪成等雨量綫圖，計算其在若干面積以內，有雨量若干公厘。大抵雨量最多之區域，面積必不甚廣，故雨量由多而寡，其所及面積由小而大。本此關係，製成雨量與面積之曲綫圖。其所取時間，則以暴雨而分，故恆有一日暴雨二日暴雨及三日暴雨之別，亦有不足一日，或一日半之暴雨者，皆依其降雨之時間而定。此爲研究洪水量最重要最有關係之資料，且有時河中洪水量不及實測，亦可本此資料，約略推算。但大抵須有以往成績作爲參證，否則不甚可恃。

城市中之溝渠，平常本爲排除穢水之用。但逢降雨之後，則亦爲宣洩街市間所積雨水之要道。故於雨勢之緩急，尤特別重視。不僅須知一日二日之暴雨，甚至每一小時，半小時，以至十分五分時間內之降雨量，亦應在統計之列。蓋此等勢急之雨，究每年一遇，或每十年或百年一遇，亦不可不詳細研究。庶於計劃工程時，有時未必能應付過甚之情形，則僅能在相當範圍以內，擇定若干年內可遇之最急之雨，作爲張本。惟此等精密之探討，在吾國今日，恐尙談不到此。因吾國各處旣全無雨量記載，卽有亦設備尙未完全。苟欲研究此等勢急之雨，卽在同一城市之中，亦應在各處分設雨量計，愈多愈佳。蓋爲勢最急之雨，往往其所及面積甚小，雖相隔五里或十里，其顯然不同之記載，幾與距離爲遠者相等。此於夏日降陣雨之時，甚

易得相當之證明，故若在一地，僅設雨量計一個者，成績每不足恃。關於暴雨量及時間之研究，據美國書籍所載，亦僅近十年內始有注意及之者，各家所得結果，亦不盡同，而創爲實驗公式者，復甚紛紜。固非本節範圍，茲姑不論。惟使記載雨量者，知其目的，不僅以得一月或一年之總雨量爲已足。苟有餘力，能爲雨勢緩急之記載，則其價值更增，故亦連類及之。

德文中國水利史

李儀祉著德文中國水利史上篇在德國工程師協會所出工業及製造史第二十一冊發表頗獲好評茲摘錄世界交通報一九三二年二月十一日書評如下

上略——其次亨尼所著之磁針指北之古代發覺甚有價值其第四段則本於貝克博士無可評論惜著者於古史未能多費苦心鑽研之於歷史觀之引言而後所述則大抵爲近代之發展

反是華人李君一文對中國水利歷史貢獻一特別有價值之研究其文大體簡潔作電報式而內容乏論斷特富凡治史貴以歷史材料慎擇顯述以示有心研究之學者此文直可以爲之模範

浙江省水利局辦理飛機測量之經過

顧世楫

一、引言

歐戰以後，測量學術界突闢一新紀元，卽飛機測量是也。蓋利用空中攝影之法，將地面實狀攝成影片，然後施以校正，使符相當縮尺。其效用可無殊於普通之地圖。凡測角量距改算繪圖之手續，俱可無需，而航行空中，瞬息千里，時間旣省，更無登山涉水之勞，其優點槪可想見。惟測量目的各有不同，適於此者，未必盡適於彼。且旣屬新創之學術，故自應用之儀器機件，以至測量製圖之人員，莫不需借材異域，是否合乎吾國經濟情形，亦不無問題。吾國實施飛機測量之機關，尙屬罕見，除參謀部陸地測量局外，恐以浙江省水利局之辦理飛機測量爲最早。惟今以參謀部陸地測量局對於全國航空測量，有統籌辦理之意，已將該局飛機及附屬儀器一律歸併。故該局所經歷者僅屬嘗試之時期，未有大規模之成績。但其辦理之經過，則已案牘盈尺，不無足供參攷借鏡之處。本文所述，雖與水利工程無甚關係，但因該局執掌水利，其所作測量之目的，本在水利工程範圍以內，或可於此推知飛機測量對於水利工程之效用者何，俾其他類似之機關，有舉辦飛機之可能時，取捨從違，有所依據。惟本文之作，大都取材舊卷，實際情形，容有出入，惟讀者諒之。

二、籌備時期

該局最初籌備飛機測量之時期，約在民國十七年冬。其見於公牘者爲十七年十二月廿六日呈送建設廳之飛機測量臨時及經常經費預算表，係該局總工程師白朗都所擬。計臨時費項下，須購飛機二架，照相機製圖機各二付，及測量用之精密經緯儀平板儀以及其他另件，並飛機廠房建築費，及飛機備件等。共須經費銀六七四•二〇〇元。又經常費項下，須聘外籍駕駛師機械技師，測量製圖工程師等凡二十二人，華籍工程師助理工程師等六十人，測夫若干人，以及其他經常開支等，年需經費五七六•四〇〇元。規模之大，用人之多，在國內測量界中，恐將首屈一指。惜以經費無着，該項計劃，僅成空談。嗣又續擬辦法，先從錢塘江流域着手。並分爲（一）租用儀器測圖，卽將全部工作，交由外國公司承包。（二）購備儀器在中國

製圖。及(三)購備儀器在外國製圖。三者之中，以第三項爲最經濟。苟以一萬平方公里計算，第一項需銀二二八•六〇〇元。第二項須銀二二九•九七一元。第三項須銀一九六•六三八元。第一項中僅飛機係自備，其餘製圖儀器係向外國公司租用。第二三項則飛機儀器俱歸政府所有，尙可移作別用，故比較合算。因復根據此項辦法，分年擬定預算。至十八年三月，乃奉浙江省政府指令照准，並由省政府會議議決，由沙田局收入撥充塘工經費專款項下照撥。結果此項議決案，並未履行。購辦飛機事亦延未實現。直至是年七月，省政府復令浙西水利議事會，在浙西水利經費項下，借撥銀五萬三千一百二十元，作爲第一期開辦費。而前浙江水利局局長戴恩基，復親赴德國，採辦飛機測量儀器，及物色飛機測量專門人才。至此籌備略有頭緒，本可積極從事，着手實施。但是時百政待舉，飛機測量，雖屬切要，仍未能寬籌經費。戴前局長身羈異域，僞一再催撥經費。蓋浙西水利議事會借撥之款，僅敷撥付定銀及來往川資之用。不得已，遂由浙西水利經費項下，再借十萬元。其時已在十九年六月間，距戴前局長離國之期，蓋已半載有餘矣。至是年八月，始購定飛機及測量儀器，由德啓運來華，其重要各件，計爲

(一)測量專用飛機　一架

拜耳飛機廠式樣高翼式機底有窗口機頭有九汽缸之引擎計三百四馬力



(二)飛機攝影器

(甲)自動攝影鏡箱及重疊配度儀　一件

用軟片攝成長寬各十二公分之照片 f 為一•三五公分

(乙)飛機攝影鏡箱　一件

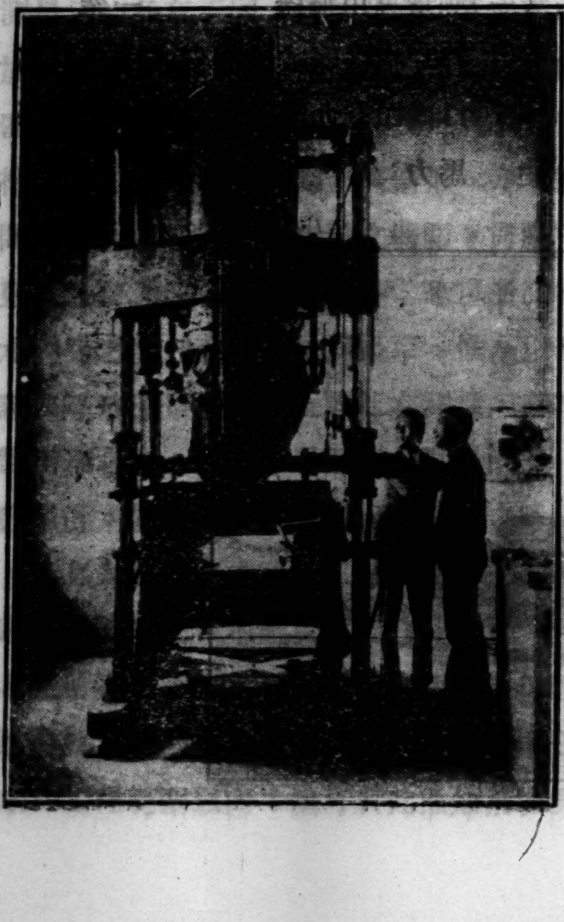
用硬片攝成長十八公分寬十三公分之照片f為二•五公分

(三)處理照片儀器

(甲)霍哈奈廠冲洗乾片箱　一件

(乙)暗室機關　一件

(丙)翻印箱　一件



(四)製圖儀器

(甲)蔡司廠自動校正儀　一件

(乙)哈特廠校正儀　一件

(丙)霍哈奈廠照片複印儀　一件

(丁)計時自動翻印箱　一件

上項儀機，實價若干，卷內無案可稽。惟大約當與預估數目出入無多。但在該局自總工程師之報告中，則有所購儀器與原定計劃不相符合等語。所有全部飛機及飛測攝影製圖儀器，於十九年十月下旬運至上海，即裝配於虹橋飛機場後，由該局所聘駕駛員哈德孟於十一月十五日飛駛抵杭。事先並在彭家埠海塘外沙地，設有臨時飛機場，至是籌備事項，告一段落。而該局所聘外籍人員，亦先後抵杭。計有機械師鄧克，測量師瑙美亞，攝影師羅端夫，製圖員鮑溫格，駕駛員哈德孟等五人，均由局分別按職委任。

三、飛機之意外

自飛機駛抵杭州，即繼續試飛數次，效果尚佳。不意於十一月二十四日試飛至富陽江及南沙一帶攝取地圖，回至臨時飛機場時，適遇觀衆紛集。為避免肇禍起見，突然轉向，致將飛機輪翼撞傷。因此測量工作祇得停頓。事後向原廠購配撞損之件，加以修理，約耗費銀二千元。直至翌年五月四日，始將撞損部份修理完畢，蓋

已歷時半載。此項意外，本與測量工作無關，但飛機損壞，測量卽無由進行，並必須向原廠購配另件。不特曠時費日，且工作人員，俱須虛坐以待，實覺太不經濟。故在吾國各項工業俱不發達，尤以無自行修理之場所。舉辦飛機測量，實不無顧慮意外之必要。

四・飛機測量方法略述

飛機測量方法甚多，各以其測量之目的，所需之縮尺，所欲之精密度，以及所有之標點而異。但其用飛機在天空攝影則同，其法卽以飛機一架在欲測區域內飛行，另以專用之飛測攝影鏡，在一定高度，將全區地面形狀攝成影片，飛行高度可以所需縮尺而定。縮尺比例愈大，飛行愈高。但與攝影鏡亦有關係，故尋常可試飛數次確定之。該局所採之縮尺，約自一萬五千分之一至三萬分之一。其飛達高度約自二千公尺至四千公尺。全區攝畢，卽印成照片而接合之。但此項影圖之比例及位置，尚不準確。蓋飛機決不能在同一高度飛航，不免時有參差。而攝影鏡，亦未必能常在垂直位置，恰與地面正交。故必須在影圖內索覓已測定之三角點，或飛機覘標。（每片至少有三點）用特備之較準影圖器，使其比例合準，而位置亦恰符實狀。此三角點或飛機覘標，可於事先測量定之。故飛機測量，必須有充分之預備工作。除非測量之目的，僅欲知其大概地形，則可不必。若欲有精確之地圖，則凡控制三角點及飛機覘標，均不可不精密測定。該局所用之飛機覘標，係在地面挖一內經十公尺之大圓溝，寬二公尺，深八公寸，由溝中挖出之土，卽堆置圓內，使成低坵。或另以石灰敷於溝內土面，尤易識別。惟該項覘標，極易為雨水冲毁。而設標工作，每甚遲緩。飛攝工作又極迅捷。若必待全部覘標設成，再行飛攝，則前設後毁，難以齊全。此亦該局對於飛機測量所感受之困難。至於覘標之多寡，則該局規定沿兩岸每隔一公里設飛機覘標一個。

飛機測量既係根據光學攝影而得。故地面實狀包括無遺。但地面高低難以憑藉。雖現已有專門光學儀器，曰實體平繪器者，可利用光學作用，繪製等高綫圖。但究不若地形測量之精確。且須另備該項儀器，及攝影經緯儀等。價格甚貴，均為該局所未備。惟水利測量，首重地勢高低，而河道橫斷面縱斷面更為重要。卽有實體平繪器，在水面下之河底，亦無從攝影。故該局對於河道狀況，特施河底測量，就河底各點施測水深，然河中水位有高下，岸旁地形仍不可少。故原定飛測方法中，有在高水位中水位低水位各飛攝一次之規

劃。但其事倍功半，已不經濟。而高水位低水位之機會，又不易得。結果並未照預定辦法進行。

五，飛機測量之成績

該局自飛機一度損壞修復後，雖急思積極進行，但因天氣不良，故所得成績甚屬有限。且欲在不同水位飛攝數種影圖，尤不易辦到。結果僅在普通高水位，攝成浦陽江三十六公里之一段河道，時在二十年五月下半月。嗣後天氣仍不見佳，以致原擬攝測之杭州灣，及運河與錢塘江貫通綫之測量，俱未克實行。是年六月中旬，





浦陽江臨浦附近平面圖

比例尺　1:2500

忽奉中央命令，飭將飛機運京，以應緊急軍用，所有一切儀器及用品，俱由參謀部陸地測量局接收。於是久費周章，方經開始之飛機測量，又告中輟。又是年七月間內，該局以杭州灣及錢江運河聯絡綫，以及清泰門外口岸坍陷情形，仍擬採用飛機測量，而該局總工程師白朗都行將滿約，亦表示願於離職之前，對數種計劃，有相當貢獻，請向參謀部陸地測量局，商酌爲短時期代辦性質之飛機測量，以期迅捷。不幸另以他種原因，借調之事，直至是年十二月間始克實現。又以冬令易有大霧，繼之以軍事緊張，故僅飛測錢塘江南沙一帶，及錢江運河連貫綫，以及閘口至翁家埠一段錢塘江邊地圖。但又以事前未有充分預備，以致該部影圖俱無飛機覘標爲參證，尚未能繪成精確地圖。但其大概形勢，則已齊備。故該局自舉辦飛機測量以來，所完成之成績，實僅浦陽江三十六公里之一段河道，且僅在普通高水位所攝。

六、飛機測量之單價

按自飛機抵杭以迄移京，歷時近年，惟其間因飛機損壞，停測者近半載。因是測量成績之單價，未足爲憑。苟僅以此時期內職員之薪金照片材料及覘標設備費等合計之，（凡飛機之購備修理等費均不計在內）每方公里，已須二百四十元之譜，較之普通地形測量，貴至十餘倍，而所有三角水準及河底測量所須之費用，尙不在內。雖此係該局特殊之情形，惟據卷中所載，則按普通情形，每方公里連飛攝製圖，約須三十元至四十五元，其測定標點及補充河底測量之價亦在外，較之地形測量亦已貴至數倍。況攝測之圖，高低不辨，而地形測量則每可測定同高綫，其效用蓋亦遠勝。竊願吾國如水利機關之欲舉辦飛機測量者，對此加以愼重考慮焉。

七、附錄

茲將浙江省政府顧問工程師蕭議士對於飛機測量之意見，附記于此，以作本文結束。

一、由飛機測量攝成之影片，製成地形圖，現已改善至切合實用之程度。

二、若飛攝及製圖工作，俱合法爲之，則製成之圖，與實地測量者精密度可相同，而尤爲詳備。

三、在美國情形下，尤以在多山之區域，苟以飛機測量爲勘定公路或鐵路路綫之用，較之實地測量匪可減省時間，或處置得宜時，亦可略省費用。

四、飛機測量所須之時間及費用，俱受天氣及能見度之影響，尤以後者爲甚。

五、飛機測量如用爲全省廣大面積之測量，或較之沿河道，鐵路公路等狹長區域者爲合算。

六、如地面無顯著之物體作爲參攷，例如沿海一帶或沙洲附近之處，若爲一片荒地，則於製圖時每感困難。（譯者按此係指不設飛機覘標而言）

七、除非飛攝及製圖俱係有經驗之技術人員爲之，並有完善之設備及充分之材料，則所得成績，每致一無價值。

八、由飛攝所得影片，利用光學原理，繪製同高綫圖之儀器，現僅有德國廠家二家能造，而在最近數月內，該二廠已經合併，組織一單獨把持之營業。

九、在浙省辦理飛機測量期內，所有飛攝製圖，以至地上主綫測量，俱由外籍人員擔任，似非所宜，應急

謀訓練華籍人員，使能擔任全部工作，並應歸中央政府指揮，較之僅屬于一省者爲宜。

十、在華籍人員未訓練成就之前，在中國辦理飛機測量，恐較任何國爲不經濟，因須耗鉅額外籍人員之薪資旅費，以及外來之材料費。

十一、在中國有甚多耐勞熟習之測量人員，應令其各有相當工作，此等人員所須之薪水與美國相較差至數倍，故施行實地測量，必較飛機測量爲價廉。

十二、在浙省多雨及天氣不良好之境界內，施行飛機測量，尤多窒礙，即在美國山地，亦對此有所顧慮。

十三、除非將來確有此項需要，或飛機測量更有進步，費用可以大減時，在浙省尙以施行實地測量爲相宜。

十四、若欲僅知大概情形，不求十分準確，飛機測量雖較易辦理，但浙省現有之陸軍測量地圖大致亦無甚出入，草擬普通計劃，已可敷用。

浙江餘姚牟山湖灌溉計劃意見書

著者蕭靄士　譯者顧世楫

著者由浙江省水利局轉奉浙江省政府建設廳之命，因於二月十八日至二十日間從事於牟山湖灌溉計畫之調查，並偕水利局設計課長繆君同行。其目的蓋欲在此灌溉區域內農業之發展有所研究並建議也。

先是預定調查之事項須涉及各方面，其利害有相背馳者，因先歸納之，使錯綜之問題得一折衷之辦法。

就諸問題中今必須加以攷察者，計有二端：

一、排水放墾

甲、牟山湖之大部湖水甚淺，故可排去該部之水，使成特別肥沃可耕之田，所需經費當不甚大。

乙、因有增加農田之必要、尤以適於稻作物之田地爲急需。

丙、緣同一區域內類似計畫之往史觀之，可證明苟不與蓄水供灌溉之問題相提並論，則排水放墾實爲有利益之事業。

二、改良灌溉

甲、牟山湖爲一人造之湖泊，面積計七〇〇公頃，其下游有多數分水之溝渠，故該湖久已作爲蓄水，供灌溉之用。其灌溉之地大都植稻作物，面積約爲一一•四〇〇公頃。

乙、供給灌溉之水量就該湖來源而言，尙嫌不足，故歉收之事時時有之。當乾旱之年，更易因缺乏水量而致荒歉。

丙、額外之水常取給於曹娥江及姚江，但該二水源非可隨時利用，蓋因有鹽水侵入，及其他原因。

根據上述二問題之大概情形，可見僅爲其一而有工程設施不顧其他者，實非公允，且非需要也。然則在此二問題間，首當確定根本原則。卽欲排去湖水，開墾湖底，使成新地，應於灌溉利益方面不受任何實質上之損害。該項原則本爲各國所公認最爲平允，玆卽根據爲下述計畫之條件。

換言之若能維持或改良現有之灌溉狀況，並同時能實施一有利益之放墾計畫，則尤有研究之價値，此卽本文所應注意之目標也。



關於技術上之資料，雖已搜集不少，並已盡量供給本文之參攷，但尙有若干重要之資料，必需搜集，始可確定最適當之計畫。此項資料如可及早搜集，從事研究，則凡類似之計畫，皆可有所根據。計包括土壤之組織，[1]未久地下水面之高度，[2]灌溉季開始時之水量，[3]每月內之蒸發量，[4]以及其他項目，凡有關於供給水量之多寡者。並對於應用水量及耕種二事雖農夫早已根據日常之經驗，有合理及有效之方法，但亦未始不可設法加以改良。

上述二問題將於下文依次述之，其中

有彼此類同者，並因灌溉問題尤為複雜，故排水問題僅約略討論而已。

一、排水墾植

根據大概地形及湖邊發展狀況，以及其他事項最適宜之辦法，似以竹山至北堤連一直線，如草圖所示者，在其西部作為應墾植之區域。雖實地測量湖深後，此界線或應再移動若干，但於根本原則，尚無關係。

在較小之草圖上之註甲字，應墾植之區域內，仍應保留一部較低之地，作為池塘，以供儲蓄該區域灌溉水量之用。並可藉以調節流入之水量。其不能容者，則須以抽水機注於湖內或馬渚橫河內。

照上述計劃，全湖面積應如下列之劃分：

應墾植之區域（連儲水池塘在內）	二二五・四公頃
蓄水庫（根據本計畫）	四七八・三公頃
總計（現在湖面）	七〇三・七公頃

二、增加灌溉給水量

牟水湖墾值後，全湖面積將減少一百分之三十二，因此儲蓄灌溉用水之容積，亦同樣減縮，非另施新工程以為補救不可。在水利局舊卷內本有浚深湖底，增加容量之建議，但此項策劃有難於實行之理由甚多。其尤著者如下：

一、即在最良好之情況下，苟僅為發展農業計，欲挖去一立方公尺之土，以儲一立方公尺之水，無論如何，太不經濟，蓋以同量之土使築成壩或隄，其可增加蓄水之量，將百倍或千倍於此數。

二、因用人工開挖之土，棄置為難，不得不用機器以代人力，因此須特備巨款以購置相當之機械。苟築土隄則在該區域內，尚以用人工為經濟。

三、苟浚深湖底，雖蓄水之量，可以加增，但水面必隨之降下，因此水流微弱，不足以使所需之水，順天然地勢，流達相當地點。

建議之方法

欲使該湖增加蓄水量，有一最簡便及最經濟之辦法不致有實質之損害及於其他利益，且不必對於現在所用方法以根本改動，更不必施以繁重之新工程，即將湖中應蓄之水位抬高是也。假設在現在狀況下湖中水位可達普通高水位二・六〇公尺，則將來使其增高至三・二〇公尺，當甚易為。（上述水位高度俱根據於馬登雲君之測量其基本平面與五夫鎮附近，閘門之檻高相平）於是蓄水之量可以大增，且水位抬高引用尤便，欲確定實際上水位可達之最高限度，而不致使附近一帶受損害時，當

沿湖四週作精密水準測量。但據調查所得，上述建議，已足自信。

惟有一點對於此建議稍有衝突者，即鐵路土基恐受不良影響，蓋水位抬高後將迫近路面耳。

若上述計畫採取後將有下列之新工程，而舊工程亦須加之擴充。

a. 建築一新堤，自竹山至現存之北隄，並自該島向南與島後陸地相連，以塞通水之路，該隄約長一六五〇公尺。

b. 修理沿馬渚橫河之舊堤，使堤頂高於河中之最高水位，其高度約四•〇或四•二公尺。應修理之堤長約三四〇〇公尺，堤頂寬度至少二公尺，按之該地土質，其兩旁坡度應不超過二比一。

c. 現有之洩水閘門，應加以修理或添設，因水面加高將增大侵削或衝決之力，故應加以詳細視察，並建議在每一閘門之前方，打入板樁一列，以為防護。除非確定現已有該項設備者，始可無需。

d. 應加增洩水壩之頂高，俾可保持湖中適當水位，但為安全計，應展寬其長度，使有充分洩量，俾遇最大洪水時仍得自由通過。

e. 欲使上游來水充分歸入蓄水庫，不致流入放墾區域，使兩方俱有妨礙，應添闢一引水之渠。該渠之位置或將在山坡上，故不免遇透水之土壤，於是渠內應以自平地所取之黏土敷之，或須築低偃及另設一二水溝以洩過量之水。該溝之位置及其應及之限度，當作詳細之局部測量始可決定。

因本報告僅為建議普通方法，以供考慮，並非對於該項計畫有一定之設計。故各項資料之來源及性質，將盡量敘述。蓋本文所得結論將來再行考慮時，可有適當之根據。且可演成確切之工程計劃也。下表所列即示所用之資料及其來源。

本文所根據之資料及來源

資料之性質	來源
普通地形狀況	陸軍地圖
詳細高度面積及建築物等	水利局
土壤性質	本人之觀察
雨量	徐家匯天文台所搜集甯波站三十九年之記載
種植及收獲之節季	建設廳第四科
蒸發量	美國農業部以及其他記載惟用假定系數加以校正使適合當地情形
植物需水量	同上

爲估計灌漑需水量假定下列種植給水及收穫稻作件之標準時期。

	早熟	晚熟
播種	四月十日	六月十日
插秧	五月十日	六月三十日
初次灌漑	六月十日	七月二十日
停止灌漑	七月十五日	十月五日
收成	七月二十日	十月二十日

雨量（以公厘計）

	平均	最大	最小
一年雨量	1386.4	2135.1	911.6
灌漑季雨量(四月至九月)	900.2	1224.0	483.6
一月雨量	115.5	485.6	0
一日雨量(二十四小時)		241.8	

上表中一日最大雨量，除民國十年八月十五日一遇外，其他甯波站之記載，俱無超過一四〇•五公厘者。而由杭州十七年之記載則二十四小時間之最大雨量亦僅一二九•一公厘。故除主要之洩水建築外，可假定每日最大雨量爲一五〇公厘亦已安全。

蒸發量(水面)

在當地無蒸發量之記載，參考他國書籍所得者，大抵爲旱地或半旱地之資料，顯然不適於本問題之用。玆根據極少之記載及著者在美國南魯意香那省及杭特拉省北海邊之經驗，該兩處皆與浙江東北部之氣候相似，假定在六個月灌漑時期內，由蓄水庫及水渠之蒸發量約爲八〇〇公厘，而全年則約爲一公尺。

由該部天氣潮潤之情況而觀，此約計之數，必不致過少，但在當地，若有可恃之資料，則當加以修正也。

種植需水量

本文所引用之數値，係根據於美國西南魯意香那省之實驗，此數或超過實際需要之數，因兩處種植之方法各有不同。卽如美國播種，直接在廣袤之田地，而中國則先植秧田，然後再插秧。因此用美國方法需水尤多，蓋發芽時恆須多量之水也。

逕流（流域內之洩量）

計算自流域內各支流可有之洩量，或卽歸入蓄水庫，以供給灌漑之水量時，所假設之逕流係數爲百分之六十。此數較尋常之値爲大，雖該部土壤係屬黏性，且距地面不遠，卽有岩層及大概坡度甚陡而滿佈植物，但於極旱之年亦不甚適用，不過因有上述情形，逕流之量恆可特大。苟至普通及多雨時或將超出此數，亦未可知。

滲漏之耗損

在一般灌漑計劃中，滲漏之耗損，常遠過於需用之水量。因此須特別設備。如將溝渠敷以混凝土，或蓄水庫之底敷以黏土

等。但關於此項資料可適用於當地者殊感缺乏，惟因土壤組織之嚴密，地下水位之特高，以及附近一帶俱為被灌溉之田地，耗損之量應不甚大。因之可恃之資料，而又確知滲漏耗損之不大，故在計算時並未列入。雖實際並非絕無，但將計算所得之值，略加折扣，已可包括該項耗損矣。

受水及蓄水

下列之討論，係根據前述之二種規畫，卽維持原狀之規畫。關於受水區域之範圍，及蓄水之多寡，俱不變更及改善之規畫。係將蓄水面積及受水面積同樣減少。惟加增蓄水庫內水面之高度，使最高與最低水位相差至一•〇五公尺。而在現在狀況下僅〇•四五公尺。下表為計算或假設所得之數值：

			維持原狀之規畫	改善之規畫
受水面積	平方公里		一二•八五	一〇•二〇
蓄水面積	公頃		七〇〇	四八〇
蓄水總量	百萬立方公尺			
每年平均雨量		（一三八六•四公厘）	二〇•三八	一五•一五
最大雨量		（二一三五•一公厘）	三一•三九	二三•三〇
最小雨量		（九一一•六公厘）	一三•四〇	九•九六
六個月灌溉時期內平均雨量		（九〇一•〇公厘）	一三•二三	九•八五
六個月非灌溉時期內平均雨量		（四八五•四公厘）	七•一四	五•三〇
六個月非灌溉時期內普通低數		（四〇〇•〇公厘）	五•八八	四•三七
六個月非灌溉時期內最低數		（二四二•六公厘）	三•五七	二•六五
非灌溉時期內蒸發之耗損			一•四〇	〇•九六
可用之蓄水量（按水位差而言）			三•一五	五•〇四
非灌溉時期可得之逕流				
按平均雨量計算			五•七四	四•三四
按普通低數計算			四•四八	三•四一
按最低數計算			二•一七	一•六九
溝渠水面面積	公頃		三二〇〇	三二〇〇

✿溝渠水面漲落差數	公尺	○•六	○•六
✿溝渠中蓄水量百萬立方公尺		一九•二○	一九•二○
✿灌溉之面積旱稻	公頃	八•四○○	八•四○○
✿灌溉之面積晚稻	公頃	一一•四○○	一一•四○○

✿表中有此記號者僅屬約估之近似數耳

製造上表及以下，關於給水問題之討論，均假定三千公頃之地，係供冬季麥作，或其他不需灌溉之農作物者。故旱稻之面積減少此數，使全年應施灌溉之田畝，共合一九•八○○公頃，下表所以表示給水量與需水量之關係，此係就平均年份可希望之程度而言。

	維持原狀之規劃 百萬立方公尺	改善之規劃
種植需水量（平均深度○•三○公尺面積一九八○○公頃）	五九•四○	五九•四○
湖面蒸發之耗損	一•四○	○•九六
渠面蒸發之耗損	六三•三六	六三•三六
總計需水量及耗損量	一二四，一六	一二三•七二
在灌溉初期湖內可有水量	三•一五	四•三四
灌溉時期注入水量	一三•二三	九•八五
總計蓄水庫供給之量	一六•三八	一四•一九
溝渠蓄水量	一九•二○	一九•二○
在灌溉區域內降雨量	五五•三四	五五•三四
在灌溉期內可有之水量	九○•九二	八八•七三
平均年份短少之水量	三三•二四	三四•九九

從上表及與當地人士之談話，說明在旱年因短少水量之故，災荒甚烈，且其損失甚鉅。

又按理論上之短少水量而言，似以維持原狀之規劃爲可取，但實際並不如此，蓋在非灌溉時期內，此蓄水庫亦可同樣容納水量，未曾計及。關於此點，將於下文再詳述之。

若上列短少之水量，近乎準確，則僅可用兩種方法以糾正之。或將短少之量，

藉外來水源補足之，或供給灌溉之水量，減至相當程度，當然生產量亦必減少。或兩種方法合併用之。

因參考之資料實屬有限，故僅可作爲普通方針，尙須隨時改正或證實之。尙有若干要素，均未涉及。但在完善之計劃中，則需兼顧。今因已有之資料不敷應用。其他則比較次要，故此時尙可從略，但此種要素，其趨勢足以增加所估短少之數，不致減少之。例如不需灌溉之農作物，其所取水量實自土壤中得之。

、建議辦法

一、在採取確定步驟之前，著者建議，凡以前種種假證，尤以植物需水量等，須根據相當資料，加以校核。且須特別努力於求得普通年份及乾旱年份短少之水量數。該項資料或可與當地有智識之地主及農夫談話得之。

二、苟當地情形與上述推論頗相符合時，著者建議應將改善計劃作一詳細估計，並將所需經費與墾植後之地價作一比較。

三、若比較後以墾植爲有利，則著者建議應照改善計劃施以適當之工程。

四、若並無顯著之利益，則著者建議，應維持原狀，不必加以更動。但仍有一項工程，卽照改善計劃中增高湖中水位仍不妨酌量辦理，此水位抬高之程度，以不損害鐵道爲限。大約可達三・二〇公尺。若因增高水位致湖邊田地有受水災之虞，則應添築堤埂，蓋灌溉區域所受之利益必足償此項費用而有餘。所有北堤以及洩水門滾水壩似均應照改善計劃加以改良。

五、不論照改善計劃或僅維持原狀而稍加改良，如上節所述者，所有洩水門之操縱法，似均應改變。俾在非灌溉時期內之水量，得盡量容蓄於湖內，以作萬一之備。在現狀下，此種洩水門，當多令時，完全開放，直至四月初，始行關閉，今欲增加湖內所蓄之水量，故須將洩水門提早關閉，使於灌溉季前湖中水量已經充盈，並當保持此滿湖之水，愈久愈佳。蓋因容量有限，僅可於不得已時作爲萬一之備耳。

進一步之計劃

以上所述，僅關於局部之計劃，故無需施繁重之工程，且不必將現狀加以重大

之改革。

但與當地士紳之談話，尤以水利局同人爲然，皆云在曹娥江迤東之稻田，常受缺水之患，當特別旱年，其災尤甚。

因有此情形，故著者更建議，應加以研究，俾可設法加增該區域淡水之供給，使大部份之田地，俱受利益，不僅限於一局部之問題。

今略舉數種計劃，以便從事考察此種計劃中不免有若干，一經研究卽證明其不合實用，亦未可知。

甲種計劃　在曹娥江適當地點，築成一壩，分水至一位置較高之渠道，俾可引至灌漑區域。此壩築成後或須遷移少數房舍，并徵收一部份有價値之田地，但若受益之田畝甚廣，則其利益將可超過損失亦未始不可實行。再此壩若非築在上游無須通航之河道內，倘須添建船閘以利航行。

乙種計劃　在曹娥江邊建一庫水塲，用機器戽水至較高之渠道。照此計劃，渠道之長度，應可大減。惟戽水塲當設在離鹽水侵入地點較遠之處，且因低水時河中淡水之量減少，鹽水侵入之距離必增加，故不得不留有相當之餘地。

丙種計劃　建一戽水塲，惟可在乙種計劃擬設地點之下游，而另添活葉壩以阻鹽水之侵入。該壩並可保持旱季河中之水使在較高水位，但因其在下游通航之地帶，故必須有船閘之設備。

丁種計劃　此係甲乙兩種計劃合用。卽建一較低之壩，僅供大水時分水之用，而當低水時用機器戽水，惟渠道則均不可缺。

除在甲種計劃中應保留相當之蓄水量外，其他計畫僅限於低水時期之供給水量而已。但如沿渠道或附近一帶可以蓄水，則又當別論。故今須決定者，卽此低水時之水量是否足敷現在所需之水量，而値得施以繁重需費浩大之工程耳。

若上述各計劃俱不易實行，則當考査是否有另創完全人工給水系統之可能，卽包括一二大蓄水庫，建於附近地帶及戽水塲設備，以戽曹娥江下游及姚江之水，至該蓄水庫。此次須有特別擴大之蓄水區域。蓋戽水時期僅限於河中爲淡水之時期，爲欲減少蒸發量之耗損，及蓄水庫所佔之地面計，此蓄水庫應有較大之深度，且其水面應足敷順天然地勢流至各灌漑區域。此外更當注意者，則大規模之投資，應設法避免，蓋國內實業，尙不足以應付此項鉅款。換言之在該區域內，以產米爲唯一

記載水位早已施行

而最重要之企業，故僅須設法使稻田不論雨量多寡，俱獲豐收，則所投之資可保證其有相當利益已足。無論如何，苟對於各方面，不作深切之研究，決不能建議完滿及需費浩大之計畫。但在研究若干要素時，亦往往需相當費用耳。雖目前作充分之考察，或尚限於經濟，不易辦到，但初步工作，以搜集幾項重要資料，似屬可行。例如記載水位及試驗水質之站，應可設立，俾可得一可靠之水位記載，及鹽水侵入之時期及範圍，而其他切要之資料，亦可同時搜求。苟與當地人士或官紳合作，上述工作需費有限。惟此項記載尚須輔以若干時之流量成績，並至少應以一完全週期為度。其他各點本報告中已詳述，茲不贅。

圖書略述

普通討論灌溉之書籍，大抵注重於特別之事項。例如沙漠之開墾，以及建築鉅大之石壩等，僅有若干短篇論文及散頁之著作，係由美國德克薩斯及加利福尼亞省之農業試驗場發表者，略有關於稻作物之研究及調查。其餘美國農業部亦有若干報告，較有價值。如稻之灌溉係由灌溉工程研究所出版。及低地戽水場之試驗係由吐倫大學教授克利克來上校所著。

尚有若干材料可自福蒂博士所著灌溉水量之應用一書中得之。

美國都市給水概況

Robert M. Brown 原著 韓伯林譯

美國都市社會，給水的分佈，因情勢之不同而有異，就數量和質量兩項下著想，在乾燥或雨量適中人口逐漸增加的社會裏面，以及人口稠密地土潮溼的地方，數量却成一個問題，而在較密和較稀的區域，潤溼環境之下，大量水的供給，是不生問題的，我們所需要的水質是：清潔，無味，無雜質，富軟性，不自易於分流，若水源乃一小河，則水易於混濁，水味有氣候性，有時限於一地方的現象，礦質由於人口密度和地特質而生，土壤岩石富溶解性，致水有硬性了。

供給的水源和消費量

1920年美國有六十八城的人口超過100000、其中五個城市，水的供給，取自大湖，即 Chicago 和 Milwaukee 得之michigen 湖，Detroit 取之 St.Clair 河，Buffalo 和 Cleveland 得於Erie湖，十二個城從大河取得供給：Minneapolis 與 Naw Orleans 取自 Mississippi河，Cincinnati 與 Lauiwille 取之Ohio 河，Nashville 取於 Cumberland 河Washington 取於 Potomac 河，Kansas城，Kansas, Missouri, Omaha 皆取於 Missouri 河，而Albauy則取於Hudson 河，還有七城如 Memphis, Sponkage, Lowell,Houston, Camden, San Antonio, Dayton 都掘井取水，Rochester, New York 城，Indianapolis, St, Paul 則一部份賴井。其餘四十二城，或賴地面的排水，或賴小川，或賴流動不息的小塘。但在很多情形之下，數量是有定限的。譬如在Denver,發現 South Platte 河水，不足供將來的需求，乃改變計劃，取水於Rocky Mountain 的西部，用新 Moffat 山洞，得了 Faser 河的水106000畝呎。根據牠的人口圖解，較最近將來的需要還少。而另一方面，San Francisco 和Spring Valley Water Co. 合作，又完成新 Hetch Hetchy 式。最近城中所得到的，將有面積 62000 英畝，水量容積 65000000000 加侖之流域。雖經七八雨量缺乏之季，猶可供給較每日需用水量爲多。在美國人口稠密之區，特別在 Pennsylvania 與 Massachusetts 中間，地面的排水，是主要水源，若適當貯蓄，大約估計，每天每方哩平均生產500000加侖

的水，不是難事。

美國有二百個城市，每人每天平均消費量約為140加侖，雖然普通小城中每人消費量，小於大城中的消費量，人口與每人消費量，其中的好似沒有强固的關係。1915年人口約500000的城市，每　消費量約150；人口在300000到500000之間，約為149；在100000到300000之間，的123；30000到50000中間，也約123；消費量可常變動，因工業形式規模而異。

每人消費量過多的城市有：Tacoma 430, Buffalo 324, Pittsburgh 253, Albany 230, Chicago 226, Salt Lake城203. 消費量低的城市有：Fall River 48, Hatford 64, Providence 65, St. Paul 70, Worcester 78, Memphis 87.

用水過多，由於浪費，度表法乃唯一的補救。試驗的結果如下：

紐約省中十七個城市，一部分汲水賴蒸汽力或電力，約75%或稍少的水被表量過，每人每日平均消費量為234加侖。其中有六個城報告，較此值為高。另外有十五城，一部汲水亦賴蒸汽力或電力，約75%或稍多的水用表量，每日每人平均消費量為99加侖。有七城報告，日常每人消費量，高於此值。美國另201城，有75%的水用表量，每人每日消費量為96加侖。

紐約省的城市100%的水用表量，每日每人平均消費量為98加侖。美國所有城市全用表量，報告結果平均為85加侖。

Tocoma居消費過量表之首位，大部水消耗在浪費，僅8%的水用表量；Buffalo僅水32%的水被度量；Pittsburgh 15%; Albany 33%; Chicago 22%; Salt Lake城33%. 低消費量的城市表量水的百分比這樣：Fall River 57%, Hartford 100%, Providence 70%, St. Paul 61%, Worcester 74%, Memphis 60%.

城市現已有充分供給的水量，但少有合理的經濟的利用。

適當供給與利用競爭

給水這個較重大的問題，在乾燥或半乾燥的地方，普通多很明瞭了。而在居民稠密，氣候潤溼的地方，尤其水源是二等河(Secondary Stream)的地方，給水這問題的嚴重，也是很明顯的了。城市有大湖的很多，但實際上為避免不敷，市中率取水於大河。1930年夏季大旱，雖密士失必河發現低水位新紀錄，但並沒有一城鑽汲密士失必河或其支流的水，或報告牠們給水有不夠的危險。

東部城市並不幸運，去年夏季(1930年)的久旱，都市給水局禁止草場上的用水，汽車洗拭的用水。學校也停了，星期

清潔日也被禁止了，洗浴限制到每星期一次，甚至於飲水也有缺少的恐慌；而鄉村又流行許多災，有許多城如雨量還免强合理，供給就能滿足。久旱時代，水量的缺乏，是大多數社會的經驗。

今天在東部人口稠密的區域，鄉村和城市競爭流域面積，目前供給的保護，特別是將來的需求，是預計中的新問題。但將來的需要，沒有適當正確的估計；而解決其他社會利益的整個條例，也不釐訂。例如：供給波士頓市水的新貯蓄池的建築，遭議會反對，1928年一月 Connecticut 省呈一稟到最高法院，控Massachusetts政府，爲了計劃導 Connecticut 河的支流的水——Swift, Ware, Miller 等河 ——入 Connecticut 河。

簡單的，Connecticut 省有下列幾條的控告：

1. Connecticut 河的通航性，將爲河流的自然減少所低減，結果使河水流得太慢，迂緩而成淺灘。
2. 洪水時期將減低，而洪水泛濫所給與土地的肥澤，亦將減低。
3. 河中的污物，大都乃 Massachusetts Connecticut 兩地工廠及城市所洩出，除非全 Connecticut 河都加以維持，否則污物難以除去，留而爲健康之害。

對於目前將來水的需要，與全部面積的關係，都加以研究，否則這樣的事實糾紛多得很。

Los Angels 的情形

Los Angels 1781年位於 Los Angels 河，遵西班牙王 Charles 第三之命，永有此河水的特權；到1914年此河幾乎是該城唯一水源；預計可供給250000的人口。

當 Los Angels 過了二十五年，Los Angels 河不足供給，乾涸的河身，須常適當播水，以免灰塵，乃汲用250哩以外的 Owens 河水。Owens 谷長約150哩，位於 Sierra Nevadas 的西面，White Mountain 的東部。實際上所有排水，來自 Mt.Lyell Mt Whitney 間之 Sierra Nevadas, 注入 Owen 湖，而後者無出口。1905年以前，此谷人口約有3500，居民依此河灌溉，務農爲生，雨量稀少，每年大概不過五吋。

在雨水定量區域，常在權利上起爭執。這不是奇怪的，Los Angels 城遠離河界取水，困難隨之而生，Los Angels 水道綱在 Owen 河的進口，低於最低灌溉溝的頂門，因此此城不能奪去農夫的用水，但反而言之，僅有這些水，流入 Owen 湖，最後也就蒸發完了。實際上 Los Angels 却造福於Owen 谷的農人，

以鐵路與外埠連結，鼓勵殖民者之雄心。人口在1920年已經倍增，遊歷者商業亦已創始。因人口增加及 Owen 河水為殖民者相當收回，1923年發現所剩留的水，不足供此城將來需求，乃開始收買農人土地，減少灌漑水道，總共收買了此谷灌漑地的80%。1924年農民暴動，水槽門開了或炸了，約 200000000 加侖的水移到荒野去了。

今天 Los Angels 人口超過 1000000 的紀錄，漸進為 2000000的城市所需要的給水，較得之於Los Angels 和 Owen兩河的水為多，乃測定一溝道達 Colorado 河，260 哩以外，速度每秒1500呎，此 Colorado 河沒有充量的水，可供此處的一切需要。美國地形測量局估計，在 Parker 每年供給將達9593000 畝呎，Parker 以下的灌漑地需 9909000畝呎，在 Mexico 灌漑地，最高需要大約 3357000 畝呎，Los Angels 及其他南加尼福尼亞城亦需2000 秒呎，相當於家用的1448000畝呎，總共為14714000畝呎。1922年Colorado合同，分派4805000畝呎的水到 Colorado河的下游。

在Colordo流域的居民供給水量以前，一如 Owens 谷情形，將預料有些困難。

紐約城的情形

在人口稠密氣候潮溼的區域，家用水較在乾燥區，易於獲得，但所遇困難，也並不不顯明，紐約城給水每天能生產1100000000 加侖，此水來自各種不同的水源；Catskill 系，最後加為都市水源，每天最高有600000000加侖；1842年 Old Croton 源可供城中336000000加侖；Ridgewood 系，B 長島的地下給水，每天增加90000000 加侖；Old borough 源，在歸併以前，每天供給30000000加侖；且私立水公司，以前仍然成立，估計每天生產44000000加侖。

城中每天大約須用 850000000加侖，每年水量的增加，約計之，每天為31000000加侖，若繼續增加八年，全部可利用的水源；將都用完，且十年以內，水將嚴重的減少。現在的情形，重復紐約給水歷史。起初靠井和泉水，1664年供給1500人，到後 1915 年 Catskill 水輸到8分管，Old Croton 壩築好，紐約還並不過大，需要從界域以外取水，在結合成大紐約之前，紐約水道綱的各種不同系統，代表幾分牠組織成分的發展，但在當時，私立水公司較公立自來水公司為流行。

十九世紀初葉，美國有十六個水政公司，其中有一個 —— Winchester 或Virginia ——歸公家所有，其餘十五歸私人

所有，在這一世紀，公共自來水廠很快的增加，百分數由6.3（1800年）達53.2（1896年）。

僅以前十六個中的一個，——Morristown N. J.——繼續歸私人所有，紐約第一隻公共自來水機於1830年築好，每天生產21000加侖，與 Manhatten 公司相比，幾無足輕重。Manhatten 公司，一私立公司，最大量每天有700000加侖，這不過是一個開頭，給水嘗受都市自身影響而增加。

在這個時期，感覺到水的需要，有選舉權的城市，紛紛發展各市獨立自來水道。

紐約建築在一個多石的島上，所以她地下水面有一定。Brooklyn 位於冰沙和石子的上面，向東伸過長島，（Long Island）1926年 Brooklyn 的地下水每天生產104000000加侖；從各種深淺的井中，（約30呎到100呎中間）每天又可生產73000000加侖；地下水面下10呎或15呎的十哩濾清坑道，也可得34000000加侖；加以 Brooklyn 每天從地面還收受20000000加侖。

紐約城掩有面積 315.9平方哩，平均雨量有 44.63吋。若此城全部水量，就是年年的平均量積集起來，將有204125707138加侖，或每天平均有 559000000加侖。因為在砌好的街道上流量很多，所以僅一小部份的水有用。紐約水道流域為1136平方哩，而 Queens 和 Richmond供給除外，——面積相當於 Rhode 島一省，每萬人約佔面積三平方哩。Queens與Richmond也可供給每萬人排水空間三平方哩，完全賴地面排水，為紐約城市所利用。

為了水道將來的增加，有一個提議：增加 Croton 壩上的流域，在 Hudson 的東部，約計之，每天水道將增加500000000 加侖，但必須注意下二十年人口的增加，這裏好像有一小機會，救濟浪費，因為紐約每人每天消費量，（102）小於任何其他城市，且尤小於二百個城市的平均數（139）。

飲料水清潔水與工業用水的處理法

生水性質，差異很大，大湖中的水，是理想中可飲的水，但為近傍的城市任意沾污，Chicago 及 Milwaukee 的地勢，使市民易於任意傾倒廢物或溝內污物，有些且沒有經過處理的手續，齊入給水水源。但可加以改良，一部安置水道入口，遠入湖中；——約離6565呎，距 Milwaukee 湖面 67 呎，在 Chicago 則離二哩或四哩，——一部則用消毒法。

Buffalo 之進水間，離岸約 $1\frac{1}{2}$ 哩。Chicago 方面擬使 Chicago河反方向流，

以解決此難題，但並不能渡過難關，因其他 Illinois 市鎮和鄰近城市，不斷地染汚湖水。

New Orleans 在給水方面經驗到了很大困難。一直到現在市中實行的計劃，一部賴貯蓄池，積蓄屋頂上排下的雨水；一部則賴私人經營的公司，供給密士失必河水。1909年以後，一條用心處理過的河，已可滿足此城的需求。通告說是：『清潔，純粹，最良質的水』。

由其他谷中來的長途河水，間爲其他城市所沾汚，賴自潔法，漸行沉澱，——每千萬中有650份的雜物，此水大概可以用的。

有幾處地方很幸運，將來的水無須處理，深信這條原則：若使清水流域，積藏的貯蓄池，與汚物隔絕，則水無須處理。且長距離水的貯蓄，也是最好的淸潔法。San Francisco 所有流域，很小心與汚物隔絕，故水既不要潔化，也無須過濾。

Portland, Oregon 沒有什麼沾汚牠的供給，牠們聲明 ：過濾法是不必須的，New Butford也不用人工淸潔法。

淸潔汚水已達如是完滿程度，幾任何生水，可以說，完全使之淸潔適口安全，以前的方法是沉澱法，有些所用的水很混，St. Louis 河水混雜物平均每百萬中有5000， 有時低於100 ；在 New Orleans 密士失必河平均 650 份；在 Kansas 城的 Missouri 河有3100份；湖水因爲不大動，所以都沉澱的，假使不激動牠，可以如所希望的有低的混濁度。 Detroit 湖的供給，低到每十萬中有35份。

水中含有石灰及鎂的硫酸鹽，則永久硬化，硬度難於除去，水中含有鈣及鎂的炭酸鹽，則暫時硬化，硬度可以全部消滅，在肥皂施淸潔作用以前，硬水先須軟化，況且對於鍋爐，不但沒有用處，而反有害，因爲產出鍋垢，沈積鹽類，Catskill 水頗適於商用家用。因含鐵質的腐蝕質頗低。

市政當局總結軟水的利益，軟水能減低洗濯用染絲用的肥皂；對於原動室釀酒廠照相館都有好影響；有低腐蝕作用的軟水，消滅鍋中大量鍋垢及管中腐蝕物，就是減少蒸汽生產的價格，及意外事件發生的次數，用較軟的水，意思就是大宗節省大紐約各界的錢財。

Camden 給水局關於軟水這樣水法、『民衆們在此地洗浴，使肥皂成肥皂泡，已沒有困難， 在西部中間幾省， 還是難事』。

在這簡短的時期以內，都市給水已由

瘟疫媒介而入於絕對清潔供給。在 Richmond 1908年腸熱病死之率是49.7，而在那十年以前，平均每萬人有59.4。後1908，1909兩年施行沈澱法，此病死之率下達24.1；十五年以後平均12.2；1924年過濾廠開工，1925年死之率再低到 5.4 ；1926年又低達 1.1。1925年六月三十日 Los Angels 死之率1.07，紐約爲2。現在紐約發現熱腸病症，藏在蠣，牛乳，生菜，與冰乳皮，以及從市外來的脚夫。Angels 宣布今日50%熱腸症來自城外。Wilmington, Delaware採用清潔法，報告熱腸症死之率減少26.9%。

Denver 在水道網方面報告說：當過濾廠築好以後，市中腸熱症死之率大減，現在死之率的第二次減少，當用氯氣施消毒作用。St. Louis 熱腸症死之率由每十萬人有 47(1903年)17(1913年) 4.2(1923年)到3.8(1924年)。

再 1891 年 New Jersey 城水源取自 Passaic 河，熱腸症死之率每十萬人爲1013，1898年取自 Pequannock，死之率爲40.6。1906年又取自未經處理的 Rockway 河，爲21.6。1913年用過氯石灰，死之率跌到10.3。最後1926年用氯氣，又跌至1.57。New Orleans 先前用水得不幸結果，1925年報告熱腸症死之率每十萬人低至二個。今日給水實際上可避免做病媒的罪，僅嚴重的輕視，陷都市水道於危險。

結論

工程的化學的研究 已經用種種方法改良生水，致水質達最高可飲度。沈澱法減少污濁度，明礬或鐵的硫酸鹽完成此種使命，過濾法移去有害的不需要的黴菌，氯化幇助了牠。灌以空氣，增加氧氣，消滅毀敗黴菌所起的惡氣味。銅化幇助移去惡味，石灰或鎂的硫酸鹽移去硬度。

在最近的將來，努力研究，可得絕對無味的水，供家用，則清潔無味衞生；供工用，則性軟純潔。

剩留的最大問題，是人口增加中的水量問題。有計劃的研究，不僅一城市有適合的水源，而是廣大面積包含各種團體的水源的探討。致地面水有合理適當的分配，不要侵害鄰近權利。此工作乃最近將來的需要！

哥羅拉多河之泥沙及其灌溉之關係

(續第二卷第二期)

(黃懷楨譯)

第八章　英伯利爾谷泥沙之研究

可羅拉度河之三角洲，在過去地質時期，乃加利佛尼亞海灣之一部，因河流冲積土之沈澱，海灣上部，逐漸淤墊，而成三角洲。其面積約自灣口西北向百四十哩，寬自十哩至四十哩不等。東南之外，周圍皆為羣山所環抱。西北部為可啓拉谷(Coachella Valley)，中部為英比利爾谷，介乎兩者之間者，卽撒爾頓海(Salton Sea)是也。

據探險家之報告，以及附近居住之土人印地安部落之傳言，凱去拉湖(Lake Cahuilla，撒爾頓海原名)於數百年來，屢為可羅拉度河極大洪水所汎濫，湖身驟擴，積水難宣，經久始藉蒸發之力而涸出。其所遇最大之洪水，得考諸記載者，為一九〇五及一九〇六年，此時英比利爾渠道系統之進水口，概被冲毀，河流倒灌入湖，無法制馭。至一九〇七年防洪工程完成後，撒爾頓海長四十五哩，寬十七哩。水面高度在海平面下一九八呎，但至一九二五年，已降至二五〇呎矣。

三角洲三分之一以上之面積，皆在墨西哥境。此部頗多河道之故槽，其著者有阿拉莫及披斯凱特拿(Alamo & Pescadero)兩河。其河槽發源於伏爾凱拿湖(Volcano Lake)因而可羅拉度河洪水之汎濫以流入於撒爾頓海者，為紐河(New River)。但伏爾凱拿湖之永久出水口為哈埭河(Hardy R.)，其河身東南流，而紐河則西北流也。

一九〇〇年時，加利佛尼亞拓植公司(California Development Co.，後併入於英比利爾灌溉區內)於英比利爾谷及墨西哥境內之三角洲，開掘渠道，實施灌溉。但美國境內，沙丘相間，寬逾十五哩，綿亘數哩而至墨西哥國境，故開鑿之經費既鉅，而工程尤稱艱困。因此僅於墨西哥境內，建築幹渠，而利用阿拉莫河之一部，以為輸水之用，乃於河之右岸，距兩國交界北五百呎之處，建築一臨時木質之進水口，卽所謂雀斐閘門(Chaffey Gate)者是也。更掘一長十四哩之渠道，使之與阿拉莫河相貫通。自此卽利用河之故槽，裁灣取直，浚深引長，而成幹渠。

近今英比利爾谷灌溉事業之範圍，包括加利佛尼亞省之英伯利爾縣，加利佛尼亞之低部(Lower California)及墨西哥

，估地約一百萬畝，皆爲未經灌溉者。加利佛尼亞省之英比利爾灌溉區內，六十萬五千畝之中，有五十一萬五千畝，可施灌溉。但每年灌溉之面積，常有增減，而以一九二〇年之紀錄爲最高。是年在兩國境內輸水之面積，達六十萬二千四百四十畝。一九二五年，英伯利爾灌溉區於墨西哥境開鑿渠道百三十七哩，於美國境內開鑿幹支渠共一千六百六十九哩，此外尙有排水渠若干哩。

谷內灌溉用水，皆自加利佛尼亞省之可羅拉度河引導而來，以距余買下游約八哩之洛克伍特閘 (Rockwood Heading)爲分水之樞紐。此處並無永久之引水壩，僅於低水位時，建築一臨時水壩而已。

英比利爾區之幹渠，爲阿拉莫河，其最大流量爲七一〇〇秒呎，枯水時期，則盡可羅拉度河之水流而有之。過進水口以下，阿拉莫河卽自美國而流入墨西哥境，尋阿拉莫故道而行者，約四十六哩。在其復折入美國境內之前，卽支分爲數渠，分別灌溉英比利爾灌溉區之東西中各部。

（一）進水口之泥沙

因泥沙沈澱之故，進水口之位置，常須變易，不得不爲新建築，以利進水。一九〇六年所建之進水口爲漢龍閘(Hanlon heading）其地點在距國界約二千呎之安特拉特（Andrade or Pilot Knob），位於河之右岸，並掘有長二千呎之水道，使與河流相貫通。此閘共有七孔，每孔寬十呎。現今之洛克伍特閘，建於一九一八年，距墨西哥國界以上約七千呎，乃一長逾七百呎之水泥建築物。閘面與河岸並行，共七十五孔，每孔中點距八呎，用閘板(Flashboard)以司啓閉。其中四十八閘門之基礎，皆在海平面上106.7呎，其餘則較低8.1呎，此種排列之用意，乃爲引水自表面滑溢而過，以防粗重泥沙之侵入引水渠也。新進水口與漢龍閘之間，有一長六千呎之河槽相通，前此之泊水道則已廢棄不用。余買在洛克伍特之上游約八哩，依洩量及平均流速而言，水流經過，視洩量及平均流速之變遷而定，約須$1\frac{1}{2}$至6小時。

爲決定漢龍閘及洛克伍特閘之泥沙等級與重率百分比，以及其泥沙量與可羅拉度河在余買處之浮泥沙量之比率起見，自一九一七至一九二〇年間，曾不時研究此問題。所得之結果，皆彙載於原書附錄第六十四表至六十九表中，經過研究各表之後，可得結論如下：

1.一九一八年十月以前，當洛克伍特閘開始啓用之時，阿拉莫渠之浮泥沙量，與余買所測得者，相差甚微（少於百分之

十）。

2.當洛克伍特閘啓用之時，流入阿拉莫渠之浮泥沙量，有時能逐漸減退至百分之四十七，而有時亦能逐漸增加至極大之比數，此須視水位及閘門啓閉之情形而轉移。

3.流入阿拉莫渠之浮泥沙，約百分之九十皆能通過二百號篩，僅百分之一之三分之一，存留於六十號篩上。

4.通過二百號篩之細泥沙，在渠水伍河斷面內，分佈皆甚均勻，僅微量粗重之泥沙，有下沈渠底之傾向。

5.當閘門之最低閘板抽去後，則雖未嘗經直接之測量，然巨量之河底泥沙，將流入於阿拉莫渠內乃無疑。

（二）浮泥沙於渠道內部分佈之狀況

一九〇七年開始研究觀測之目的，卽爲決定渠道內部泥沙之數量以及其分佈之狀況。第十三表所舉之八測站，乃自全部渠道系統中選擇而得。首六站皆在一繼續相流長八十哩之水道。因支渠皆爲少數公共水道公司所主有，而幹渠則爲加利佛尼亞拓植公司所主有，故爲便利簡捷起見，卽命各站之管水者（Zanjeros），同時採取水樣。採取水樣之儀器，於每站設一小櫃，置於其中。共有容積兩加侖之大玻璃瓶一具，以爲積儲終月樣水之用；四分之一加侖之吊桶一具，連以環索，用以汲水，其他則有漏斗及半品脫（Pint）之水杯各一具，用以計量每日所儲之水樣。所有水樣，皆自閘門下激流中汲取而來，因此處無泥沙之沈澱，各種固體，或可充分混和於水中也。吊桶傾水之際，亦須不時搖動，以防沈澱，每日等量之樣水，皆注入大玻璃瓶中，積成而爲一月之標本，月終傾卸一次。

每月之標本，皆送至英伯利爾第一水道公司，加以試驗，將之注入試驗管中，沈澱三十日，卽用此作爲標準時期，以資比較。三十日後所發現之沈澱甚微，此時僅少數試驗管，已敷應用，其作須供作次目試驗之用也。注樣水於試驗管時，須將玻璃瓶頻頻搖動，務使泥沙水樣充分混和而後止。第一次所用之試驗管，內徑爲四分之一吋，以後則用內徑四分之三吋之試驗管，雖欠準確，但較便利也。試驗管皆用玻璃特製而成，長四十二吋，底部配以輭木塞，封以石蠟，管壁於塞頂上一公尺，皆刻以等分，以示水之高度，當沈澱三十日後，泥沙之高度，直接可以讀出，此卽容積百分比也。其結果見第十三表。

第十三表：　英伯利爾各渠道所含之泥沙容積百分比表

（1907年10月至1608年9月）

測站	渠道	與可羅拉度河之距離	泥沙容積百分比 十月	十一月	十二月	一月	二月
		哩	%	%	%	%	%
漢龍閘(Hanlon heading)	阿拉莫渠	1/2	1.9	1.0	0.5	0.3	1.3
鶻伯斯閘(Sharps heading)	,, ,,	45	1.6	2.0	1.1	.2	.8
十呎湃(Ten-Foot drop)	中央幹渠	51	1.0	.8	.8	.3	1.0
達立愛閘(Dahlia heading)	中央幹渠	58	1.3	1.1	1.0	.3	.7
英伯利爾水道公司第四閘	勃落萊渠	75	1.1	1.0	.6	.3	.5
近勃落萊之支渠閘門	勃落萊渠之延長線	80	—	—	.6	.3	.7
英伯利爾水道公司第五閘	何爾脫(Holt)渠	53	1.5	1.1	1.0	.3	.7
近愛爾生曲那之支渠閘門	達立愛渠	65	.3	.9	.6	.2	.5

續第十三表

測站	泥沙容積百分比 三月	四月	五月	六月	七月	八月	九月	平均
	%	%	%	%	%	%	%	%
漢龍閘(Hanlon headnig)	2.2	1.6	1.2	1.1	0.9	3.8	3.7	1.6
鶻伯斯閘(Sharps heading)	1.8	1.0	.8	.6	.4	3.6	3.3	1.4
十呎湃(Ten-foot drop)	4.6	1.0	.5	.5	.5	4.5	1.3	1.4
達立愛閘(Dahlia heading)	1.4	.8	.6	.6	.4	3.6	3.4	1.3
英伯利爾水道公司第四閘	1.7	.6	.6	.6	.4	4.0	1.5	1.1
近勃落萊之支渠閘門	1.6	—	.5	.7	.4	8.1	1.6	—
英伯利爾水道公司第五閘	1.2	.6	.6	.5	.4	5.0	3.2	1.3
近愛爾生曲那之支渠閘門	1.4	1.0	.5	.6	.4	1.5	4.0	1.0

近勃落萊之支渠閘門（Lateral gate near Brawley），水流常有間息。表中數字之高，如十一月鶻伯斯閘之紀錄，三月十呎湃之紀錄，以及一月近勃落萊支渠閘門之紀錄，皆有令人懷疑之處。其差誤之原因，不外下列三端：(a)誤差(Error)；(b)臨時天然之流水閘門(Temporary Natural Slucing)；(c)同時測站上游有掘挖之工程，而尤以後者爲可能。但茲時並無掘挖之記載可考，故數字雖高，或

不致含有極大之差誤也。

全渠之內，泥沙量並無極大之差異，海龍閘之樣水，爲最高平均數，距河六十五哩之近愛爾生曲那之支渠閘門（Lateral gate near El Centro）之樣水，爲最低平均數。渠道中部各測站所得之結果，實際無甚差異。自試驗管中之沉澱物觀之，其差異完全因巨量之泥沙，有流向閘門之傾向所致。此種泥沙，沈澱最早，而佔試驗管之底部。渠道內部，每年雖曾除去巨量之泥沙，但此僅佔其終年水流所挾泥沙之極小比數而已。其大部流入者，皆能散佈及於耕地之上也。

（三）一九一四年泥浮沙分佈之情形

加利佛尼亞拓植公司幹事皮克(J. E. Peck)君於一九一四年中，每日負採取泥沙標本之責，藉以決定英伯利爾谷渠道系統之進水口及各分點之泥沙量。其地點則在阿拉莫幹渠進水口之漢龍閘；距進水口四十五哩之阿立松閘（Allison heading）以及進水口下五十三哩之第五號閘（No.5 heading）。第十四表卽爲此三處每月之最大最小及平均泥沙重率百分比。一九一四年余買可羅拉度河之最大泥沙量，平均爲重量百分之一，而同阿拉莫渠則爲百分之 0.9，此卽渠爲河之百分之九十是也。

若以全年之平均數觀之，水行於幹渠支渠中凡五十三哩，而其泥沙量，則無甚變異也。

第十四表：　1914年英伯利爾谷幹渠之泥沙重率百分比表

月份	漢龍閘			拉立松閘			第五號閘		
	最大 %	最小 %	平均 %	最大 %	最少 %	平均 %	最大 %	最小 %	平均 %
一月	1.7688	0.2600	0.8231	1.7798	0.2216	0.4882	1.7588	0.1598	0.3963
二月	1.7402	.4144	.8047	1.5284	.4312	.8344	1.5820	.4358	.7816
三月	2.0848	.8870	1.3093	2.2114	.9412	1.3396	2.1304	.9060	1.3722
四月	1.1980	.5202	.7944	1.0186	.5250	.7839	1.9932	.6600	.8351
五月	.8964	.3086	.6359	.9632	.2470	.5715	.7220	.1518	.5192
六月	.5562	.2194	.3231	.2616	.1160	.1738	.2544	.1126	.1899
七月	2.4392	.3600	1.0076	1.8892	.0920	.5569	1.2858	.1704	.5443
八月	2.3680	.8554	1.3671	2.0356	.7690	1.2486	1.8172	.6984	1.1486
九月	1.7880	.2644	.8976	1.7912	.3508	.7485	1.8792	.3494	1.0182

十月	2.5880	.2750	1.1045	2.1786	.3404	1.0481	2.5740	.3540	1.1506
十一月	1.2032	.3130	.5922	1.3272	.3300	.6632	1.3146	.2940	.6510
十二月	3.9460	.2644	1.1888	2.9592	.2492	.7374	2.8830	.2296	.6908
平均	—	—	.9040	—	—	.7662	—	—	.7706

（四）一九一七及一九一八年浮泥沙分佈之情形

兩年之後，公路局(Bureau of Public Roads)及英伯利爾灌溉區，互訂合同，通力擴大研究觀測之範圍。爲決定全渠泥沙分佈之情形起見，共設測站十八處，各站位置皆見第七圖。

每站所用之儀器，有泥沙標本器一，玻璃漏斗一，漏斗蓋一，濾水杯一，及足敷一星期應用已衡之濾紙一封套。泥沙標本器爲一狹頸瓶，去頸後之容積爲五百立方公分，並連以鉛錘及環與繩索。濾紙皆標明年月日，依次排列於櫃中。管水者卽依下列之程序，每日於各站進行測驗之工作。清除漏斗下水杯中之積水，將前日所用之濾紙自漏斗中取出，摺疊而置其封套中，再將封套封固而儲於櫃中。置本日所用之濾紙於漏斗中，用標本器自閘門之下急流中汲取水樣，而後注入漏斗。當水通過濾紙時，若濾紙微現色澤，而後始繼續傾注。漏斗用蓋掩蔽，以防塵埃之侵入。潮溼濾紙，令其自行乾燥，以待次日。泥沙既乾，則粘附於濾紙上，經刮削始能除去，但乾砂則有自行剝落之傾向。此測驗中所用之泥沙標本器，頗合需用，其狹窄之頸項，使之更易滿盛準確均勻之樣水。濾紙對於工作進行之利便有關，務須預備齊整，而避妨害管水者之效率。



第七圖

英伯利爾谷全圖(示泥沙樣本站之位置)

關於不同地點所取之水樣，與其結果之影響，曾於一九一六年，作少數之試驗。湍流之處，如於閘門之下，其所含泥沙，必較水面爲多，而較靜水之河底爲少。第十五表卽示此種兩組試驗之結果，並無顯著之差異，更準確之結果，可用重率基準計算得之。

第十五表： 各處泥沙標本試驗之結果

日期	地址	採取標本之處	沈澱三十日後泥沙之容積 %
1916年2月1日	達立愛閘	溢流中於建築物之底部	4.0
同上	同上	急流中於閘門之下	4.0
同上	同上	靜水中於閘門之下五十呎	3.0
1916年2月2日	鵠伯斯閘	靜水中於閘門之上	4.0
同上	同上	溢流中(In overpour)	3.9
同上	同上	急流中於閘門之下	4.0

第十六表示此五百立方公分之泥沙標本器，用各種不同之方法，所取水樣對於其結果之影響。將器上下移動所得泥沙總量之百分數，略較於一處所得者爲大，但河底者爲例外。

第十六表： 用五百立方公分之泥沙標本器試驗之結果

日期	地點	採取標本之處	泥沙重率百分比 二百號篩 通過 %	泥沙重率百分比 二百號篩 存留 %	總數 %	平均 %
1918—6—19	達立愛閘	於米突橋下渠面	0.324	0.013	0.337	0.313
同上	同上	同上	.287	.002	.289	
同上	同上	同上並將器上下移動	.360	.015	.375	0.375
1918—6—20	中央幹渠	於邊界米突橋之水面	.234	.037	.271	
同上	同上	同上，於水深之半	.251	.036	.287	0.306
同上	同上	同上，於渠底	.308	.053	.361	
同上	同上	同上，將器上下移動	.296	.052	.348	0.342
同上	同上	同上	.301	.035	.336	

實驗室中兩項最重要之工作，卽(1)預備衡計發交各站應用之濾紙，(2)衡量各站送回之紙濾而計算其結果。所用之濾紙爲華脫門氏(Whatman's)第二號濾紙

，直徑三十二公分，(Cm.)皆重復摺疊，而於高準率之天秤上衡至十分之一克之重。濾紙之重量，常不一致，每隨大氣中所含溼氣量而變化，其愈重者則吸收之溼氣亦必愈多。普通皆重六克或七克，但亦有重僅四克或至十克者。每組濾紙中選其最重及最輕者而衡之，取其平均重以為校正溼氣影響之用。每對校正濾紙（Check Papers）皆註明其重量，並標以數字號碼。衡秤之日期，卽記於濾紙上，而校正濾紙之號碼，則記於封套上。各站一月之濾紙，卽為一組之校正濾紙。當已用之濾紙自各站收回後，則分別註明測站號碼，及採取標本之日期。為便利計，每次處理濾紙七十五張，僅衡秤一組校正濾紙卽可。所有濾紙，皆於電爐上攝氏百十度之熱溫，焙一小時使乾，而電爐之溫度，則可自動節制。當濾紙散佈於乾燥器上冷却三十分鐘後，乃分別秤之，而註其最復重於其原重之下。將兩校正濾紙之重及重之差數，畫成曲線，於是任何重濾紙之校正數，皆可自此曲線得之矣。此曲線使校正工作得極大之便利。每濾紙之重要記錄，皆載於卡片上，此卡片則分站依時序而排列。

第十七表卽為每月之平均百分數。自一九一七年七月一日至一九一八年六月三十日之間，余買可羅拉度河之平均泥沙量為百分之0.39，而阿拉莫渠於漢龍閘之平均數則為百分之0.26，約等於河之百分之六十七。若與一九一四年之記載相比較，則一九一四年流入渠道內之泥沙量較大。但資此比較而肯定其結論前，吾人須知洛克伍特閘及漢龍閘之間，於一九一八年時，掘有長六千呎寬逾數百呎之河槽，因之漢龍閘以上之流速減低，一部份之浮泥沙，未達測站前，已降落為河底泥沙矣。

阿拉莫渠下游第二號測站水樣之泥沙量，可為流入渠內泥沙之代表數。一年中之平均數為百分之0.35，或為余買可羅拉度河之百分之九十，此與一九一四年者相同。

第十七表：　各站泥沙量每月平均重率百分數表

（1917年7月至1918年6月）

號數	距河遠哩	測站 渠道	地點	七月 %	八月 %	九月 %	十月 %	十一月 %
1	1	阿拉莫	漢龍閘	0.232	0.574	0.145	0.371	0.111

2	27	同　上	Cudahy Check	.363	.680	.406	.409	.128
3	35	同　上	Alamo Mocho	.237	.622	.279	.377	.146
4	41	同　上	Lawrence heading	.260	.692	.357	.363	.185
5	48	東幹渠	Check No.1	.175	.605	.352	.315	.112
6	71	同　上	Myrtle Check	.188	.679	.336	.360	.149
7	86	同　上	Junction Lateral	.237	.593	.262	.325	.121
8	52	中央幹渠	十呎湃	.273	.676	.344	.417	.141
9	59	達愛立	Heading	.323	.667	.427	.420	.141
10	69	同　上	Lateral Mo.12	.276	.623	.351	.401	.114
11	76	勃落萊	No. 4 delivery	.273	.657	.415	.281	.137
12	56	西幹渠	Wisteria Check	0.112	0.120	0.165	0.105	0.029
13	※65	同　上	國際交界處	.181	.119	.186	.162	.052
14	※91	同　上	No. 8 delivery	.231	.175	.221	.244	.157
15	※104	Trifolium	第六號閘	.282	.408	.259	.225	.097
16	53	第五幹渠	英伯利爾水道公司第五渠	.264	.570	.295	.312	.114
17	60	Rositas	Heading	.302	.515	.335	.567	.229
18	83	North end	同　上	.355	.359	.404	.854	.362

附註：　【※若經Cerro Prieto渠，尚遠12哩】

續第十七表

測站號數	十二月	一月	二月	三月	四月	五月	六月	平均
	%	%	%	%	%	%	%	%
1	0.080	0.088	0.083	0.609	0.286	0.266	0.267	0.259
2	.155	.131	.139	.664	.405	.402	.365	.354
3	.124	.114	.118	.594	.375	.372	.310	.306
4	.239	.119	.123	.531	.355	.293	.276	.316
5	.121	.139	.153	.697	.356	.319	.299	.304
6	.099	.140	.162	.651	.381	.318	.287	.313
7	.091	.132	——	.551	.231	.336	.312	.291

8	0.083	0.100	0.125	0.629	0.436	0.305	0.310	0.320
9	.116	.123	.151	.635	.547	.486	.479	.376
10	.100	.090	.081	.473	.338	.270	.168	.274
11	.075	.095	.111	.618	.433	.342	.343	.315
12	.075	.128	.038	.200	.340	.247	.132	.141
13	.054	.081	.060	.204	.291	.213	.172	.148
14	.095	.085	.146	.205	.258	.145	.136	.175
15	.069	.070	.115	.230	.296	.277	.203	.211
16	.087	.111	.138	.866	.367	.302	.317	.312
17	.224	.189	.188	.682	.408	.476	.411	.377
18	——	——	.266	.393	.466	.601	.486	——

自第十七表及第七闕觀之，所有測站，皆位於幹渠。第一二三號測站則在阿拉莫渠，谷內之水流，皆由此通過。第一號測站在進水口閘，第二三四號測站在墨西哥境。水流拆入美國境內之前，支分爲東西中三幹渠，遍佈全區。第五六七號測站在東幹渠，而第七站距進水口約八十六哩。第八九十十一號測站在中央幹渠，而第十一站距進水口約七十六哩。第十二十三十四十五號測站在西幹渠，而第十站距進水口約百零四哩。

西幹渠之水源，有時自伏爾凱拿湖流來，故其泥沙百分率較他處爲小。第十七十八兩測站，爲阿拉莫渠之支分，故不能與其他各站直接相比擬。

第十七表第一號測站以下之十七測站，所有泥沙百分率，雖互有高低，但概言之，無甚顯著之差異，此因每年巨量之泥沙，皆用機械方法除去，其沈澱者，僅佔其所挾浮泥沙總量之極小比數，而大部流入渠內之浮泥沙，又皆淤積於耕地之上。低站之泥沙百分率，常較高站爲大，此卽表示易沈澱而爲侵蝕，而挖掘之影響，更使支分之水流，於上游雖爲清澈，一至下游，則變爲含泥沙極多之渾水矣。蒸發及滲漏之影響，亦能發生同樣之結果。

此種事實，更可自一九一七年七月份各站所測得之泥沙百分率證明之。自進水口之第一站起，爲 0.232%，而七月之最高百分率，則爲第二站，位於阿拉莫渠下二十七哩，爲 0.363%。東幹渠下端之第七站，距進水口八十六哩，爲 0.237%，

中央幹渠下端，距進水口七十六哩之第十一站，爲0.273%，而西幹渠下端之第十五站，則爲0.282%。十二月份之記載，流經第一站而入渠內之泥沙百分率雖微，但當其流近第二站時，已發生極大之侵蝕，故能增加泥沙量至百分之九十四之譜。下游各站之泥沙量，時有變易，皆視河槽之侵蝕或淤積而轉移。

（五）流入灌溉地之泥沙量

英伯利爾谷內各灌溉渠道之泥沙，大部皆爲極精細之浮泥沙，而能通過最精微之三百號篩者，較之波脫蘭特水泥（Portland Cement），亦有過之。在任何情形之下，無論流速之大小，卽如小溝中每秒平均三分之二之流速，其泥沙於任何斷面內，分佈頗爲均勻，換言之，卽可羅拉度河所流來之泥沙，不論灌溉渠道流速之大小，大部皆爲浮泥沙，因之亦皆能轉輸於耕地之上也。每年雖除去巨量之渠底泥沙，但沈澱於渠內之浮泥沙量，僅佔泥沙總量之極小部份而已。

泥沙分佈於耕地之狀況，常依穀物之種類，灌溉之方法以及耕地之坡降而變易。若坡降平坦，則大部泥沙，將沈澱於鄰近水溝之水點，卽耕地之高部；反之，若坡降高峻，則分佈必較均勻。

第十七表所示之第十號測站，位於一小支渠上，經測驗之結果，其流入灌溉地之泥沙，約爲其所挾浮泥沙量之百分之九十。此站每年之泥沙量，平均約爲重率百分之0.35。依此推算，則每畝呎之水流，其輸送於耕地上之乾泥沙量當爲3.4噸。

泥沙沈澱於耕地上之深度，頗難計算，因分佈既不均勻，而每立方呎沈澱物之乾質重量又不一致故也。經試驗之後，每立方呎之沈澱物，乾至已能崩裂而仍現溼氣轉，含有四十六磅之乾泥沙。卽依此推算，而假定每畝三畝呎之水流，含有0.274%之泥沙，如第十七表第十站每年之測數，則均勻沈澱於灌溉地面之含溼泥沙，約爲1/8吋，卽0.122吋。

一九一六年九月下旬，曾選擇四試驗區於流域之各部，藉以測定每次灌溉所輸流於耕地之泥沙量，及其分佈之情形。水樣皆取自汎濫塢之上中下各部。先將水樣充分搖和，置於一長一百公分直徑二公分之玻璃管中，任其沈澱六十八日，而後決定其所含泥沙之容積百分比。

第一區位於愛爾生曲落（El Centro）之南二哩，灌溉塢邊長一千呎。其上端之泥沙百分率爲2.7，中部爲1.5而下端則爲0.55。

第二區在(Bonds Corner)，位於灌溉區之東南部，邊長4290呎，坡降每哩約8

呎。其上端之泥沙容積百分比爲3.45，中部爲2.6，下端爲2.25。

第三區近梅洛蘭(Meloland)，邊長1080呎，其上端之泥沙容積百分比爲5.35，四分之一處爲4.8，中部爲4.5，下端爲4.0。

第四區位于愛爾生曲落之西數哩，邊長1320呎，上端之泥沙容積百分比爲二，中部爲一，下端爲0.4。

所有水樣，雖皆同爲數日內所採取，然其所挾之泥沙百分數，常有極大之差異。此因水流自距幹渠數哩之支渠分導而來，流速緩徐，未達耕地之前，其泥沙已部份沈澱矣。第一四兩區上部之泥沙，較第二三兩區爲多，此因一四兩區坡降較平，而穀物之阻障，更使流速減低，是故泥沙亦更易沈澱也。

若耕地上泥沙沈澱之情形，與自試驗管中所得者相同，則沈澱之深度，將如第十八表，此爲灌水四吋及平均每年用水三畝呎而言。

第十八表：　灌溉水於耕地上沈澱後泥沙之深度

區號	一次灌溉 上端	一次灌溉 中部	一次灌溉 下端	全年總數 上端	全年總數 中部	全年總數 下端
1	0.11吋	0.06吋	0.02吋	0.97吋	0.54吋	0.20吋
2	0.14	0.10	0.09	1.24	0.94	0.81
3	0.21	0.18	0.16	1.93	1.62	1.44
4	0.08	0.04	0.02	0.72	0.36	0.14

（六）河底泥沙之行動

皮克君(J.E.Peck)曾分析渠底泥沙標本，藉以決定幹渠上游及下游渠底泥沙之性質，其結果見第十九表。

第十九表：　英伯利爾各渠底沈澱物之機械分析表

距河遠	地點	日期	每立方呎乾重	比重	通過及存留於各號標準篩之泥沙百分比 P.10 R.20	P.20 R.40	P.40 R.60	P.60 R.80	P.80 R.100	P.100 R.200	P.200
哩		1917	磅		%	%	%	%	%	%	%
1	漢龍閘(阿拉莫渠)	3—14	102.77	2.719	0.00	0.05	1.22	33.07	23.50	34.41	7.71
		5—1		2.695	0.00	0.26	5.03	48.59	16.90	17.07	12.12
		7—15		2.654	18.09	20.88	33.13	20.58	1.34	4.26	1.72
48	CheckNo.1(東幹渠)	7—16	103.26	———	0.00	0.60	0.90	3.30	20.00	50.50	24.70

71	Myrtle Check (東幹渠)	7—18	101.70	2.641	0'00	3.10	8.50	40.50	22.10	16.50	9.30
86	Junctionlateral (東幹渠)	7—19	99.02	2.619	0.00	0.00	2.20	9.10	4.10	23.00	61.60
59	Heading (逵立愛渠)	7—16	———	2.802	0.00	0.00	0.30	0.00	0.50	54.80	44.40
69	LateralNo.12 (逵立愛渠)	7—17	93.22	2.631	0.50	0.35	0.00	0.20	0.65	78.30	20.00
76	No.4Delivery (勃落萊幹渠)	7—17	———	2.670	0.00	0.00	1.60	4.80	12.70	50.10	30.80
104	No.6Heading (Trifolium渠)	7—19	———	2.651	0.00	0.00	0,70	4.70	7.70	60.90	26.00
53	No.5Heading (第五幹渠)	7—17	102.13	2.660	0.00	0.00	0.00	11.10	44.90	32.50	11.50

（附註：標示P.係代表通過R.代表存留之意）

機械分析之結果，渠底泥沙之性質，若以顆粒之大小言之，則阿拉莫渠之渠底泥沙，常依可羅拉度河之流量而變化。一九一七年二三月間，河之平均流量爲9.065秒呎，是年三月十四日阿拉莫渠之渠底泥沙，經篩析之結果，僅百分之0.05，存留於四十號篩上，存留於六十號者亦甚少，而百分之42.2，皆能通過一百號篩。一九一七年七月十五日，適爲春季汎濫最高峯之後第十一日，流量爲143.000秒呎，阿拉莫渠之渠底沈澱物，其顆粒更爲粗糙，此時百分之18.1存留於二十號篩，百分之20.9通過二十號篩而存留於四十號篩，百分之33.1通過四十號篩而存留於六十號篩，百分之7.3，則通過八十號篩。此種結果，顯示渠底泥沙繼續輸動，而高水位時，常挾多量粗重之泥沙。

粗重泥沙輸流至下游各渠道，須經相當之時間。若不以七月十五日於漢龍閘所作之分析而言，則近進水口處渠底泥沙之性質，與其在下游者、無甚顯著之差異也。

第九章　泥沙之運輸

托帕克可羅拉度河之浮泥沙，依其微粒之精細度，可分爲兩級。其能通過二百號標準篩者爲細泥沙，存留者爲粗泥沙。托帕克之浮泥沙，過半皆爲細泥沙，雖有時更精密之等級，須有待於其他標準篩，但此種區別法，在普通泥沙測量中，則常用之。

泥沙行動之定律及公式，適用於其他河流者，若應用於可羅拉度河下游及其支流，雖有時能相吻合，但有時則鑿柄不相容。若以全體而論，則鮮有能得適合之結

果者，此因泥沙之性質及某數種鹽類化學作用之不同故也。在水中漂浮而較重之泥沙，當其向下移動或與河槽坡降平行移動時，常依物理之定律，而不與河底泥沙之情形相同，因之任何公式適用於甲地者，卽不能適用於乙地。且同一部份之河槽，不能同時並用兩種定律或公式，因泥沙於某時某地爲漂浮，但時地變易之後，或將沉澱而爲河底泥沙。反之，河底泥沙有時亦能變成浮泥沙。

細泥沙之行動與流速之關係，不難探索而得。凡超過每秒 2/3 呎之流速，無論於河道或渠道之內，皆有輸動精細泥沙之能力。唯一之困難，卽決定可能輸動河底泥沙及粗重泥沙之流速及各種水力原素而已。

（一）肯納特氏泥沙定理(Kennedy's Silt Theory)

國外計算泥沙運輸最著聞而最普及之公式，厥唯印度旁遮勃(Punjab)省政府工程局(Publicworks)灌溉組總工程師肯納特氏(R.G.kennedy)之所發明者。氏於一八九〇年起，卽從事研究印度各河之泥沙，賡續不輟者，凡十六年。研究之結果，皆不時於印度及英國發表之。

一八九〇至一八九四年間，曾於寬自3呎至91呎深自2.3呎至7.3呎之各種河槽凡三十處，作泥沙研究之試驗，藉以決定滿載泥沙時各河槽斷面所必需之平均流速及流量。凡被選擇試驗之河槽，皆有永久治理之工程，其流量自26至1700秒呎不等。各河河床，皆能自行淤積，但具有聚集泥沙或減少逾載之能力。每一河槽，皆觀測其河床寬深及平均流速等，表列之後，顯知流速僅度相關，而與寬度無涉。於是將深度及平均流速繪列於坐標之上，結果所得之關係爲

$$V_o = 0.84\,d^{0.64}$$

V_o 爲平均臨界或末淤（Critical or nonsilting）流速每秒呎數；d爲深度呎數。肯納特氏之普通公式爲

$$V_o = cd^m$$

c之數值，約自輕泥沙0.82至粗重泥沙大於1.0之譜，m 之數值，則依微粒體積之增大而減小。

肯納特氏之公式，若以公制單位(Metric System)表示之，則爲

$$V_o = 0.55d^{0.64}$$

研究埃及民羅河泥沙問題之工程師，曾變易肯納特氏之公式，而以公制單位表示之，爲

$$V_o = 0.36d^{.064}$$

更數年後，當此公式應用於暹羅載泥沙之河流時，其採用之改正式爲

$$V_o = 0.35d^{0.66}$$

最早英伯利爾谷泥沙問題之研究，基於應用肯納特氏公式之目的，曾作多次之試驗。但結果皆遭失敗，以致負責之官員，受極大失望。至今谷內之泥沙問題，漸已瞭然，肯納特氏之公式，對於英伯利爾谷內之農民及渠道管理者，實無應用之價值，此並非貶抑此舉世稱聞之肯約特氏關於泥沙理論之偉大工作也。肯納特氏之用意，乃欲運輸全部之泥沙，通過渠道，傾卸於亨度(H indu)農民所有之溝洫及耕地之上。而英伯利爾谷內之農民，非但主有灌溉地，且亦為渠道之主人，並負養護管理之職責。自其可貴之經驗所得，於進水口措置內流之泥沙，遠較當其流達耕地後措置者，為便利而經濟多也。排除泥沙之方法，於幹渠進水口，可用吸水挖泥機(Suction Dredge)；於幹渠可用牽引挖泥機(Dragline Dredge)；於支渠則可用普通挖泥機。至其對於水戶之費用，較之於耕地及溝洫中除去同量泥沙之耗費，節省甚多。換言之，即英伯利爾谷內地主對於泥沙滋擾之認識，適與肯納特氏所云旁遞勃省各渠道者，相反故也。

（二）英伯利爾谷內各渠道之泥沙量

英伯利爾谷內幹支渠之流速，自實驗所知，皆能保持通過二百號標準篩之泥沙漂浮不沈，且泥沙於任何渠道斷面內，分佈甚為均勻。此種浮泥沙之重率百分比，普通約自0.03至1.00之譜，須視流入渠內之泥沙量而定。自「英伯利爾谷內泥沙之研究」一節觀之，經兩年試驗之結果，始悉幹渠所挾之浮泥沙量，為佘買可羅拉度河浮泥沙量之百分之九十。設此為一準確之比較，經多年而不變，而每立方呎浮泥沙乾質重62½磅，第二十表即示一九一二年至一九二五年每年流入英伯利爾谷渠道內部之浮泥沙量。

第二十表：一九一二年至一九二五年流入英伯利爾谷渠道內部其估計浮泥沙量表

年份	河於英伯利爾閘支分入谷內之總水量	泥沙重率百分比(估計數)	浮泥沙	年份	河於英伯利爾閘支分入谷內之總水量	泥沙重率百分比(估計數)	浮泥沙
	畝呎	%	畝呎		畝呎	%	畝呎
1912	1.433.800	0.60	8.600	1920	3.096.000	0.70	21.700
1913	1.667.300	.62	10.300	1921	2.535.000	.63	16.000

1914	1.863.500	.90	16.800
1915	1.912.900	.84	16.100
1916	2.236.200	1.06	23.700
1917	2.412.500	.44	10.600
1918	2.876.800	.46	13.200
1919	2.854.200	.78	22.200
1922	2.890.300	.64	18.500
1923	2.275.400	.86	28.200
1924	3.078.300	.57	17.500
1925	3.158.700	.77	24.300
平均			17.700

自前表觀之，可知在此期內，最大之泥沙量爲28.200畝呎，最小爲8600畝呎，平均爲17.700畝呎。一九〇七•一九〇八，一九一四及一九一七至一九一八諸年，於各站所得泥沙測量之結果，凡幹渠所挾之浮泥沙，均約相似，故知幹渠內頗少浮泥沙之沈澱，皆流入支渠，耕地及廢道而後已。水流到達灌溉地時，約含有其固有浮泥沙量之百分之八十五。除浮泥沙流入英伯利爾渠口外，尙有巨量之河底泥沙，流入。

余買可羅拉度河之常年泥沙量爲253.528.000噸，估計其中百分之二十爲河底泥沙。河底泥沙下流之時，常有各種之方式，其沿河床滾動者，乃爲其一種。若以各個微粒所行經之途程而言，有時爲河底泥沙，有時則爲浮泥沙。至於泥沙行經之途程，究沿河底移動爲多乎，抑呈漂浮狀態爲多乎，此須視其比較體積及附近河床之流速而定。若流速湍急，足以激起河床之微粒，則將使之浮漂前進，反之，水流之垂直分力不足以欣起河床之微粒時，則呈其他狀態而前輸。普通挾重載泥沙之河床，常假定其爲相續之階梯形，仰坡緩徐，俯坡徒峻。水流冲蝕逆流之仰坡時，被冲蝕物卽沈澱於順流之俯坡上，故每一階梯前進之狀態，婉爲受風浪作用而成之沙丘然。當水浪到達某種高度時，卽開始於俯坡上斷裂，澎湃而前進，此渠道內波浪之所以成也。

河渠所含泥沙之總量，可依其運輸之情形，而分爲三大類：(1)浮泥沙，(2)曳引泥沙，(TractionLoad)，卽被河底向上水流之垂直分力所欣起之泥沙，(3)河底，泥沙卽常沿河底滾動或跳越前進而成平床或沙丘之泥沙。精細泥沙天然卽各自分散，故形成第一類；粗重之泥沙粒，則形成其他二類。依此分類言，英伯利爾谷各渠道，除極少例外外，常有泥沙淤積之患。挾泥沙之水流當其自可羅拉度河支分入谷時，因流速之漸減，故於進水口卽開始沉澱，繼續而遍及全渠。最大之微粒，

常先行沉落，而後流速減低，始及於細沙，詳細觀察渠面水樣所含之泥沙，其顆粒皆爲奇形，有光滑而扁平者，有多角而扁平者，有重量甚輕者；其最輕者則含植物質。此種顆粒之體積，皆不能通過二百號標準篩，但因其爲浮泥沙，故屬於細沙級，此乃不依篩析爲標準，而依淘洗法（Method of Elutriation）所定。

（三）渠道斷面內泥沙分佈與流速之關係。

莫伯利爾谷內大小各渠道，曾作多次試驗，藉以決定一九一七年及一九一八年各季渠道斷面內兩級泥沙（卽通過及存留於二百號篩者）分佈之情形，以求其微粒運動對於流速之關係。採用之方法，係於測量地點，用水平站劃分每渠爲若干垂直斷面。用推脫賓克來標本器於每站各種深度採集水樣，同時同地，卽由另一人用流速計測量流速，最深處之水樣，以愈近渠底爲愈佳，但以勿擾動渠床爲要。每組水樣，皆以前述之方法，分爲兩級，卽通過及存留於二百號篩者，然後卽決定其乾質泥沙重率百分比。第二十一表至二十四表，乃爲多數試驗中之一部份。

第二十一表：　南太平洋鉄路橋西中央幹渠斷面內泥沙分佈表

（1917年9月11日）

（渠寬40呎，中流深5呎）

測站與岸之距離	總深	樣水深	流速	泥沙重率百分比 二百號篩 通過	存留	總數
呎	呎	呎	秒呎	%	%	%
0	3.8	——	——	——	——	——
2	4.4	0.5	1.54	0.180	0.013	0.193
		2.0	1.30	.174	.030	.204
		3.5	1.44	.165	.027	.192
		4.3	.66	.157	.039	.196
6	5.3	0.5	2.57	.181	.022	.203
		2.0	2.81	.186	.054	.240
		3 5	2.27	.184	.059	.243

		5.0	1.79	.170	.106	.276
10	5.8	0.5	3.01	.185	.016	.213
		2.0	3.30	.127	.086	.201
		3.5	3.11	.190	.065	.255
		5.0	3.01	.186	.137	.323
14	5.1	0.5	3.50	.173	.017	.190
		2.0	3.65	.188	.028	.216
		3.5	3.35	.175	.080	.255
		5.0	2.67	.194	.205	.399
18	5.0	0.5	3.65	.174	.079	.253
		2.0	3.70	.159	※	※
		3.5	3.26	.169	.071	.240
		4.9	2.28	.207	※	※
22	4.7	0.5	3.55	.170	.026	.169
		2.0	3.60	.173	.130	.303
		3.5	3.21	.169	.086	.255
		4.6	2.38	.202	.239	.441
26	4.8	0.5	3.35	.165	.018	.183
		2.0	3.50	.174	.035	.209
		3.5	3.16	.181	.085	.266
		4.7	2.19	.202	.529	.731
30	4.8	0.5	2.82	.169	.011	.180
		2.0	3.26	.193	.063	.259
		3.5	3.01	.177	.088	.265
		4.7	2.58	.181	.414	.595
34	5.2	0.5	2.63	.164	.061	.225
		2.0	2.92	.179	.053	.232

		3.5	2.48	.156	.143	.299
		5.0	1.90	.137	.176	.313
38	4.4	0.5	2.28	.168	.051	.219
		2.0	2.34	.176	.107	.283
		3.5	2.04	.147	.118	.265
		4.3	1.07	.165	.308	.473
40	4.8		——	——	——	——

【※存留於二百號篩之百分數未記】

第二十二表： 達立愛渠於閘門下游八百呎處斷面內泥沙分佈表

（1917年9月18 日）

（渠寬15呎，中流深1.2呎 坡降每千呎為0.63呎）

測站與岸之距離	總 深	樣水深	流 速	泥沙重率百分比 二百號篩 通 過	存 留	總 數
呎	呎	呎	秒 呎	%	%	%
0	1.5	——		——	——	——
1.5	1.6	0.2	1.34	0.069	0.011	0.080
		0.96	1.39	0.082	0.053	0.135
		1.40	1.05	0.089	0.211	0.300
4.5	1.2	.20	1.74	.081	.013	.094
		.72	1.98	.093	.133	.226
		1.00	1.54	.089	.500	.589
7.5	1.2	.20	2.13	.088	.015	.103
		.72	2.03	.098	.091	.189
		1.00	1.59	.123	.728	.851
10.5	1.2	.20	1.64	.069	.007	.076
		.72	1.98	.105	.111	.216

		1.00	1.69	.093	.402	.495
13.5	1.0	.20	1.44	.080	.012	.092
		.60	1.49	.081	.045	.126
		.80	1.34	.094	.308	.402
15	1.0	——	——	——	——	——

第二十三表：　愛爾多（Elder）渠斷面內泥沙分佈表

（1918年3月28日）

（渠寬10呎，中流深3.5呎，坡降每千呎為0.725呎）

測站與岸之距離	總深	樣水深	流速	泥沙重率百分比 二百號篩 通過	存留	總數
呎	呎	呎	秒呎	%	%	%
0	3.0	——	——	——	——	——
1	3.1	0.2	1.70	0.637	0.002	0.639
		1.0	2.96	.648	.002	.656
		2.0	1.99	.652	.003	.655
		2.5	1.82	.651	.003	.654
		2.9	1.16	.657	.005	.662
3	3.4	.2	2.38	.646	.002	.648
		1.0	3.40	.648	.005	.653
		2.0	2.79	.651	.003	.654
		2.5	2.53	.652	.003	.655
		3.2	1.97	.653	.008	.661
5	3.5	.2	2.79	.631	.008	.639
		1.0	3.45	.637	.002	.639
		2.0	3.01	.648	.003	.651
		2.5	2.60	.666	.004	.670

		3.0	2.55	.658	.003	.661
		3.3	2.23	0.655	0.003	0.658
7	3.3	.2	2.86	☆	.002	☆
		1.0	3.50	.644	.004	.648
		2.0	3.03	.615	.002	.653
		2.5	2.67	.680	.002	.682
		3.1	1.99	.641	.002	.643
9	3.1	.2	2.21	.661	.003	.664
		1.0	3.16	.655	.003	.658
		2.0	2.70	.666	.002	.668
		2.5	2.18	.653	.002	.655
		2.9	1.43	.659	.003	.662
10	2.9	—	—	—	—	—

【☆通過二百號篩之百分數未記】

第二十四表：　羅錫塔新（Rositas）渠於閘門下游一百五十呎處斷面內泥沙分佈表　（1918年3月29日）

（渠寬22.5呎，中流深 2.2呎，坡降每千呎爲0.4 呎）

測站與岸之距離	總深	樣水深	流速	泥沙重率百分比 二百號篩 通過	存留	總數
呎	呎	呎	秒呎	%	%	%
0	1.5	—	—	—	—	—
2.25	2.2	0.2	1.58	0.589	0.002	0.591
		1.0	1.53	.586	.012	.598
		1.5	.99	.589	.011	.600
		2.0	.75	.591	.047	.638
6.75	2.5	.2	1.75	.573	.006	.579

		1.0	2.18	.589	.006	.595
		1.5	1.84	.573	.018	.591
		2.0	1.60	.584	.028	.612
		2.3	1.11	.577	.322	.899
11.25	2.2	.2	1.84	.575	.005	.580
		1.0	2.30	.578	.008	.586
		1.5	2.01	.579	.015	.594
		2.0	1.50	.568	✲	✲
15.75	2.2	.2	1.89	.565	.001	.566
		1.0	2.35	.574	.003	.577
		1.5	2.16	.580	.008	.588
		2.0	1.53	.571	.061	.632
20.25	2.2	.2	1.55	.573	.002	.575
		1.0	2.25	.576	.004	.580
		1.5	1.94	.576	.006	.582
		2.0	1.43	.583	.084	.667
22.50	2.2	——		——	——	——

【✲存留於二百號篩之百分數未記】

自以上各表觀之，渠道斷面內任何點所測得之精細泥沙量，其差異甚微。高流速時，渠道中流所挾之精細泥沙量，並不大於低流速時近岸水流在同一高度之所挾者。渠道上部斷面中，其所挾泥沙總量，常雜有粗重物質(存留於二百號篩者)。凡精細之泥沙，於渠道斷面中分佈甚爲均勻，較大之渠道，採取一組之水樣，常須互數小時之久。但粗重泥沙，在任何斷面內，其分佈則甚紊亂。

在同一渠道中，深度及流速對於所挾細泥沙百分比之大小，自實驗所知，無甚顯著之影響。反之，粗重泥沙之百分比，則愈近渠底愈大，惟流速之影響，仍不明顯耳。

(四)流速及深度對於所輸泥沙之數量及體積之關係

以前試驗之結果，既知任何河槽斷面

內所挾泥沙之百分數，常隨深度而增加；續後之試驗，乃欲於其垂直分佈之情形，及其顆粒之體積，得更多之記錄耳。應用十號至三百號標準篩，泥沙標本，皆可依其精細度而分成等級，但其顆粒未有粗大至不能通過四十號篩者。大部試驗，皆於渠道中流垂直面行之。水樣卽以推脫賓克來標本器於自水面至幾近渠床之各種深度採取之。第二十五表至二十八表，爲其試驗結果之一部。

第二十五表：　　邊界勃立阿(Briar) 渠於各種深度之十三級泥沙百分比表　（1919年5月5日）

（水樣取自中流垂直面，深度3.7呎，平均流速每秒2.42呎）

樣水深度	通過及存留於各號標準篩之泥沙重率百分比													
	P. 60 R. 80	P. 80 R. 100	P. 100 R. 120	P. 120 R. 140	P. 140 R. 160	P. 160 R. 180	P. 180 R. 200	P. 200 R. 220	P. 220 R. 240	P. 240 R. 260	P. 260 R. 280	P. 280 R. 033	P. 003	總數
呎	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%
水面	0·000	0·001	0·001	0·003	0·003	0·007	0·007	0·003	0·005	0·027	0·013	0·020	0·720	0·810
2·0	·002	·005	·007	·015	·009	·019	·003	·007	·016	·038	·017	·020	·740	·903
2·5	·003	·007	·012	·017	·012	·023	·010	·012	·010	·041	·022	·020	·735	·924
3·0	·005	·010	·015	·027	·014	·026	·012	·008	·004	·046	·020	·025	·740	·952
3·5	·009	·010	·028	·029	·015	·037	·011	·012	·013	·045	·027	·031	·724	·991

【註： P. 代表通過，R. 代表存留】

第二十六表：　　邊界阿儒（Ash）渠於各種深度之五級泥沙百分比表　（1920年6 月25日）

（水樣取自中流垂直面，深度 3.2呎，平均流速每秒3.22呎，渠寬20呎，流量190.7秒呎）

樣水深度	取水點流速	通過及存留於各號標準篩之泥沙重率百分比					
		P. 40 R. 60	P. 60 R. 100	P. 100 R. 200	P. 200 R. 300	P. 300	總數
呎	秒呎	%	%	%	%	%	%
水面	3.55	0.000	0.000	0.000	0.028	0.232	0.260
1.0	4.31	.000	.001	.014	.045	.249	.309

2.0	4.36	.000	.001	.022	.053	.258	.334
2.5	4.11	.000	.012	.048	.065	.257	.382
3.0	3.40	.001	.025	.063	.116	.268	.473
3.1	2.77	.005	.061	.064	.100	.273	.503

第二十七表：　加利福尼亞州之加莱克錫可東半哩之婆渚(Birch)渠於各種深度之五級泥沙百分比表(1920年6月30日)

(水樣取自中流垂直面，深1.8呎,平均流速每秒2.21呎。渠寬5呎,流量19.14秒呎。)

樣水深度	取水點流速	通過及存留於各號標準篩之泥沙率百分比 P. 40 R. 60	P. 60 R. 100	P. 100 R. 200	P. 200 R. 300	P. 300	總數
呎	秒呎	%	%	%	%	%	%
水面	1.393	0	0.000	0.003	0.017	0.334	0.354
0.5	2.177	0	.000	.003	.026	.342	.371
1.0	2.422	0	.002	.010	.028	.347	.387
1.5	1.981	0	.008	.045	.075	.400	.528
1.7	1.393	0	.096	.134	.099	.414	.743

第二十八表：　阿拉莫渠近漢龍閘於各種深度之五級泥沙百分比表(1920年7月26日)

(水樣取自距渠之東岸120呎，渠寬180呎，深10呎，流量5,749秒呎，平均流速每秒4.1呎。)

樣水深度	取水點流速	通過及存留於各號標準篩之泥沙重率百分比 P. 40 R. 60	P. 60 R. 100	P. 100 R. 200	P. 200 R. 300	P. 300	總數
呎	秒呎	%	%	%	%	%	%
水面	4.00	0.000	0.005	0.011	0.033	0.298	0.347
2.0	4.38	.001	.005	.017	.037	.295	.355
3.0	4.42	.001	.009	.016	.040	.393	.359
4.0	4.62	.001	.010	.018	.033	.301	.363

5.0	4.38	.004	.046	.047	.054	.318	.469
6.0	4.38	.003	.029	.032	.048	.305	.417
7.0	4.16	.001	.007	.029	.035	.297	.369
8.0	4.02	.003	.014	.035	.040	.301	.393
8.5	——	.002	.015	.049	.053	.321	.440
9.0	4.00	.002	.014	.036	.047	.272	.371
9.5	3.31	.003	.025	.057	.078	.284	.447
9.8	——	.004	.023	.079	.075	.302	.486

以前各表所示之結果，凡浮泥沙之百分數，常自水面向渠底而逐漸增加，當其挨近渠底時，顆粒愈粗，其比數亦愈大；顆粒愈細，則於垂直斷面之分佈，亦愈均勻。泥沙之比重，亦能影響其分佈，但比重之差異甚微。於普通流速情況之下，存留於六十號篩之粗物質，僅於水深十分之一處有之。而能通過一百號篩之細泥沙，亦有極少之比數，能浮達於水面。灌溉渠道中浮泥沙總量之大部，皆爲能通過三百號篩之精細物質。此物質於任何流速時，其於垂直斷面之分佈，甚爲均勻，卽於小支渠內其平均流速小於每秒 2/3 呎者亦然。換言之，可羅拉度河所輸來之泥沙，在灌溉渠道可有之流速情況下，其大部皆得漂浮不沈也。可羅拉度河泥沙之輸流，雖僅須極小之流速，但若一旦流速停止，則漂浮物質，立卽沈澱，如於蓄水庫，沈澱塢及水管中然。此乃無疑爲水之化學成分發生凝聚之影響故也。

(五)可羅拉度河運輸之泥沙量

自實驗之觀點而言，研究泥沙運輸之數量，遠較研究其方法爲重要。以下所述，乃將以前之記載，作一總結，藉以約略估計每年輸流至可羅拉度河下游之泥沙量，以及每年輸流至余買可羅拉度河之河底泥沙量。

至一九一八年七月三十一日止，托帕克可羅拉度河於前一年中之浮泥沙量（見第十二表）約爲205,763,000噸。同時其下游二〇六哩余買之浮泥沙量則爲113,943000噸。兩地採取水樣及決定泥沙量之方法，皆爲相同。此時因灌溉而支分他流之水量，約與其自威廉姆河基拉河及其他水源來歸之水量相等。河於托帕克之流量，多於余買者1,716000畝呎。此或稍受蒸發之影響，但其主因。則爲水分滲入多孔而疏鬆之河床及泛濫地故也。此種情形，並

不限於某一定之時期，卽如至一九二五年九月三十日止，前八年中之平均數，每年托帕克多於余買者爲1,269,000 噸呎。但托帕克泥沙量之大，並非完全因其流量之大所致，實無疑義也。

余買可羅拉度河之泥沙量（包括浮泥沙及河底泥沙在內），驟視之，似較其於托帕克者爲大，因距余買上游數哩處，基拉河之泥沙，將盡瀉於幹河之內，而其上游分流入於各渠之水流，又皆有減淤工事之設備。但自可用之記載推論之，托帕克之所以挾大量之浮泥沙者乃因峽谷部份坡降徒峻，流速高大以及湍流擾動之影響所致。當其既出峽谷之後，坡降平坦，水勢緩徐，較重泥沙，隨卽沈澱或爲渠底泥沙以下輸，或卽沈積河床，以待洪水冲盪至更遠之下游。

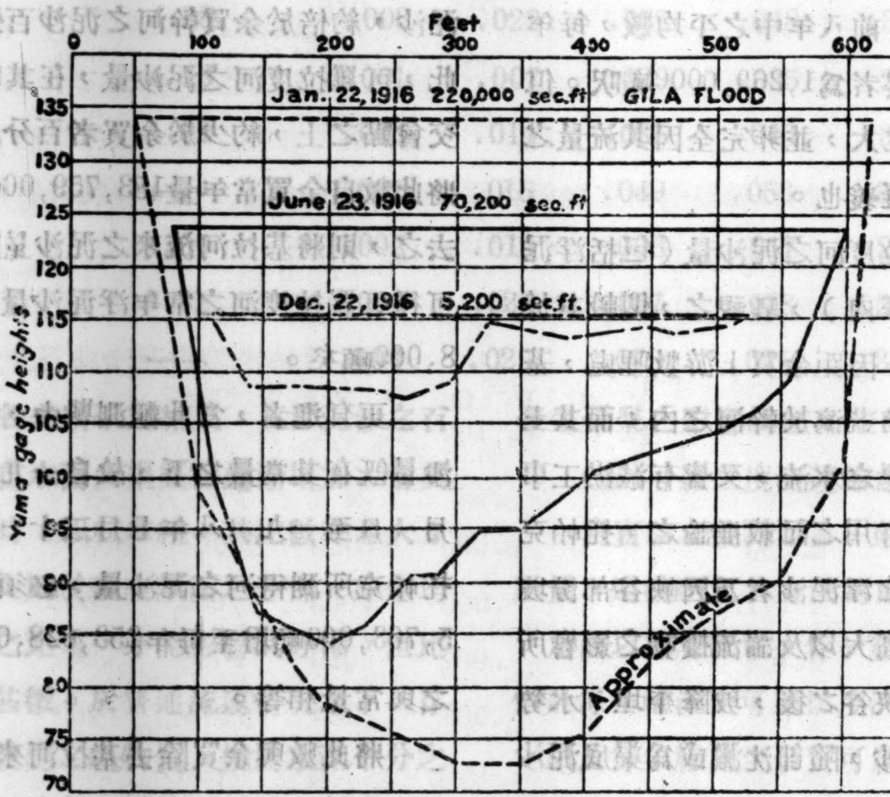
自水流運輸泥沙行動之狀態而推測，則經過托帕克之浮泥沙，必雜有河底泥沙在內；但以所有之記載觀之，則其所挾之相對數量，實無法可以計算，基拉河口至托帕克之間，亦常有永久泥沙之沈澱，但其數量亦不能計算。若此二未知數量爲相等，則適可互相低償，而托帕克之浮泥沙總量將與基拉河口之浮泥沙及河底泥沙之總量約相等矣。

可羅拉度河通常水量百分之六，係來自基拉河。而泥沙測量之結果，其所挾之泥沙，約倍於余買幹河之泥沙百分數。因此，可羅拉度河之泥沙量，在其與基拉河交會點之上，約少於余買者百分之十二。將此數自余買常年量183,759,000 噸中減去之，則將基拉河流來之泥沙量除去，而可得可羅拉度河之常年浮泥沙量爲161,708,000噸矣。

更有進者，當此觀測期中，河之浮泥沙量旣在其常量之下，故自一九一七年八月一日至一九一八年七月三十一日之間，托帕克所測得河之泥沙量，必須自每年205,763,000噸增至每年253,628,000噸，使之與常量相等。

將此數與余買除去基拉河來歸之泥沙量相比較，則托帕克泥沙量之百分之三十六，或爲河底泥沙而通過余買，或卽暫時沈澱於余買上游之河槽中及泛濫地上。

河底泥沙行動於河槽之總量，無實際方法可以測量，但自第八圖所示余買測站之最大最小橫斷面觀之，則當一九一六年洪水時期，每哩約有1,600 噸呎之侵蝕。更自第六圖余買河床起伏之情形觀之，則巨量之河底泥沙，正在移動不止也。全美渠道局（Aee American Board ）之估計，余買泥沙總量 102,000噸 中，有河底泥沙12,000噸呎，或卽百分之十二爲河底



第八圖

余買可羅拉度河最大最小斷面圖(1916)
(註:水位皆加百呎)

泥沙。此乃依據英伯利爾谷幹渠渠底泥沙運動之情形所估計。托帕克自一九一七年八月至一九一八年六月之間，經泥沙測量之結果，其浮泥沙之百分之三十七，皆不能通過一百號篩，但於余買可發現之同等級浮泥沙，因其相對量之減少，故知經過余買者，其過半確為河底泥沙也。

自各種有用記載所推得之結論，則經過余買泥沙之總量，約百分之八十為浮泥沙，而百分之二十為河底泥沙。

第十章 減淤之方法（Desilting Processes）

可羅拉度河之減淤工事，可謂自其支河及支河流域始。流域大部，常遇傾盆暴雨，範圍不廣，雨時僅持久至一二小時。而結果則河川泛濫，怒濤洶湧，疾流奔馳，以致冲刷巨量泥沙碎屑，隨流而下。但普通洪水退落之迅速，正如其升漲之驟疾

，故泥沙碎屑，亦隨之而沈澱，以待其他相同或時期較長之泛濫。

泥沙之兩類——浮泥沙及河底泥沙，常易混淆，每因水力學情形之不同，不能保持恆定。於粗糙而狹窄之河槽中，若流速迅疾，則浮泥沙與河底泥沙之比數，必增加甚劇；但於寬而淺之河槽中，流速緩徐，則較重微粒之下降，形成臨時或永久之沈澱。因此種變化之順序，以及於下游流域普遍之狀況下，較輕之泥沙，常與重者相分離，漂浮水面，而流達於海灣，或沈澱於灌溉地上，或即排泄於廢道之中。供給英伯利爾谷灌溉用之水量，其所挾之泥沙，約有百分之八十五皆沈澱於灌溉地上，或平均流速小於每秒2/3呎之溝洫中。

除極早之建築物外，可羅拉度河下游流域各分水口，皆有減淤工事之設備，以防粗重泥沙之內侵。英伯利爾灌溉區之進水口，已於他章論之。以下所述，乃加利福尼亞之帕沙爾斯（Potholes）以及阿利桑拿之派克（Parker）兩進水口是也。

帕沙爾斯之減淤工事

加利福尼亞之帕沙爾斯進水口，位於可羅拉度河上，距余買上游約十二哩。有一引水堰，即來更拉壩，抬高其水位約十呎。水流經此而流入渠道，輸運至加利福尼亞州河岸之灌溉地。至余買有一倒虹吸管，越河而過，灌溉余買鎮下之余買平原及余買高原，此即所謂余買計劃（Yuma Project）是也。此計劃依據一九〇二年六月十七日所頒佈之墾殖條例，直接受墾殖部之管理，共包含余買平及英伯利爾平之灌溉地面積約110.000畝。其於阿利桑拿州中之95.000畝灌溉地，有50.000畝為河底地，圍之以堤，輔以重力渠而形成，其他45,000畝則為高原，皆用邦浦打水，至平均高度約八十呎。

來更拉壩及其附屬建築物之特異點，為其有防止粗重泥沙微粒侵入渠道進水口之功效。此因其於加利福尼亞岸之閘門，沿壩端有花崗石之流水槽（Sluiceway Channel）下游一端，建有石塊旋轉門（Stoney roller Gate）三道，以司節制。並有一溢流建築物（Overflow Skimming Structure），共設操縱閘門三十五個，用水平閃板(Horifontal Flashboards)以司啓閉。流水槽頂寬128呎，底寬116呎，深18呎。至其下游一端，收縮而成矩形之斷面，寬116呎，分為流水閘門三孔，每孔寬三十三呎四吋，中間護壁兩道，皆用石塊旋轉門，以司操縱。此流水槽引展至閘門之上約六百五十呎。

當水流引入幹渠之後，則將閘門緊閉

，而流水槽則可作爲沈澱塢之用，此時流速緩徐，常能促成泥沙之沈澱。水閘常視情形之不同，約於每星期啓放一次，以便清除槽內之泥沙。泛溢渠道閘門以上之水流，亦得藉以節制。

幹渠閘門，爲一三十五孔之簡單建築物，每孔於兩混凝土護壁間之淨寬爲7去呎，護壁之上，架以步橋，亦混凝土製，卽藉閃板以爲操縱水流之用。水流越溢閃板之頂，落入渠中，因之，僅表面約一呎深之水流，得以溢流，此乃無泥沙混雜於其中也。實驗所得，平均百分之五十之泥沙，皆能自渠水中排去。此種減淤方法，可使渠道實際免去河底泥沙及浮泥沙粗重微粒之影響。

幹渠流量，約爲 1,600秒呎。加利福尼亞流水槽之滿載量，約爲15.000秒呎，或爲普通低水位時河道流量之四倍，而流水槽之瀉淸流速（Scouring Velocity），約爲每秒十呎左右。當水閘關閉時，水入幹渠內，流水槽中所成沈澱塢之流速，常小於每秒一呎之數，故大部較重之泥沙，皆得沉澱。當水閘開放時，引入渠內之水流停止，渠道空虛約一日，此時沉澱於減淤槽中之泥沙，卽可冲洗以去，復經水閘而流入來更拉壩以下之河中。

來更拉壩減淤工事之設備，曾作多次試驗，藉以決定其效能，並測定其下游十二哩余買可羅拉度河之流量。第二十九表，卽爲試驗之結果：

第二十九表：　來更拉壩減淤工事之效能及余買可羅拉度河之流量表

（1919年10月7日至1917年1月13日）

日　　期	來更拉壩閘門開放之時間	測量時期	余買可羅拉度河之測量 流量	面積	流速	泥沙重率百分比
	時	時	秒呎	方呎	每秒呎數	%
1916—10—7	12時	下午1時	7.900	2.503	3.16	0.40
		下午5時	12.300	2.715	4.53	.67
1916—11—3	上午9時	上午9½時	15.800	2.748	5.75	1.33
		下午1時	21.000	3.105	6.77	1.40
		下午4時	18.200	2.901	6.27	1.39
1916—11—10	上午9時	上午9½時	13.100	2.375	5.52	.73
		下午1時	17.800	2.681	6.64	1.11

		下午3½時	15.300	2.477	6.18	1.22
1917—1—12	下午 2 時	下午 2 時	6·400	1.542	4.15	.20
1917—1—13	,	上午 9 時	8.600	1.606	5.35	.38

此觀測之結果，乃顯示帕沙爾斯進水口之洩水工作（Sluicing Operations），對於余買可羅拉度河之流量及泥沙量，有直接之影響，一九一七年十月七日，余買之泥沙百分數，能於四小時內增加0.27，而河之流量增加4.400 秒呎，同年十一月三日，於先前之3½小時內，余買之泥沙量僅增加百分之0.07，而流量則增加5.200 秒呎十一月十日，來更拉壩於先前3½小時內洩水工作之結果，余買之泥沙量增加百分之0.38，而流量則增加4,700 秒呎。

其他各組試驗之目的，乃爲決定任何時期於來更拉壩上游可羅拉度河之泥沙量與流水槽及幹渠進水口之泥沙量之關係。來更拉壩上游可羅拉度河中流垂直斷面各種深度之泥沙百分數，皆列於第三十表中。第三十一表，乃爲流水槽三斷面之泥沙百分比，卽渠口以上一百五十〇之D斷面，渠口上端之X斷面及渠口第十號閘門之Y斷面是也。

第三十表：　可羅拉度河中游於來更拉壩以上之泥沙百分比表

（1918年8月2日）

地位	深度	泥沙重率百分比 二百號篩 通過	存留	總數
	呎	%	%	%
水面	0	0.438	0.001	0.439
	1.5	.534	.041	.575
	2.0	.664	.133	.797
河底	2.6	.647	.270	.917

第三十一表：　來更拉壩流水槽之泥沙重率百分比表（1918年8月2日）

	斷面D		斷面X			斷面Y			
深度	三分之一處	三分之二處	四分之一處	二分之一處	四分之三處	深度	西邊	深度	中央
呎	%	%	%	%	%	呎	%	呎	%

水面	0·056	0·038	0·048	0·034	0·028	水 面	0·025	水 面	0·024
4	·100	·100	·108	·080	·064	2	·100	3	·052
8	·500	·351	·540	·673	·650	4	·198	6	·212
						6	·615	—	—

第三十表所示，河中泥沙，有粗大至不能通過二百號篩者，但自流水槽及渠道中所取之水樣，則無此種泥沙之發現。粗重泥沙，甫離河道，卽行沉澱，實無疑義，當洩水之期，復經塌下，返入河中。

試驗時河道中流斷面之平均流速約爲每秒3.5呎流水槽則爲每秒0.9呎，渠道則爲每秒2.5 呎。

河於塌上之平均泥沙量約爲百分之0.682 ，而於河及流水槽相連絡之河槽中，其平均泥沙量於水面者爲百分之0.062 ，於深八尺處爲百分之 0.683。此項測量，係於渠口以上三百呎處行之。

自渠口以下幹渠中採取之泥沙標本觀之，其垂直斷面內所含泥沙百分數，較之流水槽中者，更爲一律。其平均數爲百分之0.252,或約爲河之百分之三十七，此卽明示百分之六十三之泥沙，已自水中除去矣。

河水表面所挾泥沙之百分數爲0.439，其於連絡河槽（Connecting Channel）中者，爲0.062 ，而於渠口閘門之前者，僅0.025 。此顯示泥沙離河槽後，立卽沈澱之表現也。表面水流達渠口閘門時，約可除去百分之九十四之泥沙。但流入渠內之後，表面水雖約有一呎之深，然渠中所發現之泥沙百分數，常較表面水流可能容許者，約大十倍。

其他試驗之結果，當水流引入余買灌溉計劃幹渠閘門時，使表面比較薄層之水流，通過閘門閃板之上，則渠中所發現之泥沙，反較閃板上端水層中之泥沙爲多。因此奇特之差異，故採取多數水樣，作有系統之試驗，藉以推究其原諉。以下四端，乃所得之結論耳。

（1）閃板極易移動掉換，並非不透沙(Silt tight)者。故泥沙常得經邊緣而通過，於閘門之底尤甚，因此處水壓力及泥沙量最大之故也。

（2）因停落於閃板上邊之泥沙，皆爲能通過二百號篩之細泥沙，向上水流及旋渦之冲盪，使之越踰板頂而內輸。

（3）當八百秒尺之水流，越閃板之頂而入渠內時，則近閃板上游面向上水流之流速，平均約爲每秒二尺之譜。

（4）當閃板置於扶壁之前時（But-

tress Wall），則通過之泥沙量，稍可減少。

閘門減淤工作之效率

農業工程組於一九一八年曾採取河渠底部及表面之水樣，作來更拉壩減淤工作效率之試驗。河水樣取自主流中央，當其尚未入流水槽及溢瀉門之前，渠水樣則取自渠口以下渠道之中央。試驗之結果，皆彙列於第三十二表中，減淤之數量，自百分之三十三至百分之七十二，平均約為百分之五十七。

第三十二表：　帕沙爾斯閘門減淤之數量表　（1918年8月及10月）

日　期	平均泥沙重率百分比		減淤之比數	
	可羅拉度河	幹　渠	實　數	比較數
	%	%	%	%
八月一日	0.502	0.320	0.182	36
八月二日	.682	.252	.430	63
十月八日	.250	.071	.179	72
十月九日	.242	.080	.162	67
十月十日	.233	.098	.135	58
十月十二日	.275	.077	.198	72
十月十七日	.468	.314	.154	33

墾殖部對於來更拉壩閘門減淤工作效率之試驗，由 Raymond A. Hill 所主持，彼從事試驗及收集各種之記載，約有數年之久。此種記載，均未公佈，僅將每組試驗對於河於來更拉壩上游所含泥沙量及幹渠所含之泥沙量，比較所得之結果，總列於第三十三表中而已。減淤之數量，自百分之十八至七十，平均約為百分之五十

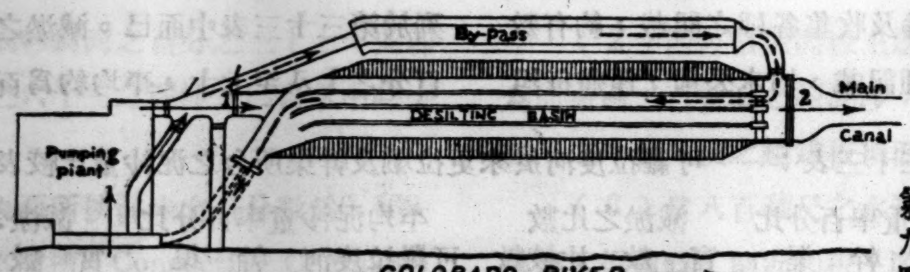
第三十三表：　可羅拉度河於來更拉壩及幹渠所含之泥沙量比較表

平均泥沙重率百分比		減淤之比數		平均泥沙重率百分比		減淤之比數	
可羅拉度河	幹　渠	實　數	比較數	可羅拉度河	幹　渠	實　數	比較數
%	%	%	%	%	%	%	%
0.53	0.41	0.12	22.7	0.54	0.21	0.33	61.2

0.30	0.09	0.21	70.0	0.59	0.25	0.34	57.7
.48	.21	.27	56.5	.50	.27	.23	46.1
.45	.37	.08	18.0	.33	.11	.22	66.7
1.55	.97	.58	37.4	.21	.10	.11	52.3
1.17	.75	.41	35.1	.34	.12	.22	64.7
.93	.51	.42	45.2	.46	.21	.25	54.5
.84	.40	.44	52.4	.48	.16	.32	66.7
.77	.49	.28	36.4	.43	.25	.18	41.9
.72	.40	.32	44.5	.44	.35	.09	20.4
.63	.30	.33	52.5	.44	.22	.22	50.0
.57	.19	.38	66.7	.32	.16	.16	50.0
.52	.23	.29	55.8	.31	.15	.16	51.7
.50	.18	.32	64.0	.30	.12	.18	60.0

派克之減淤工事

可羅拉度河印地安公用區（Indian Reservation）灌溉計劃，大部皆在余買葉，小部則在加利福尼亞州之河邊（Riverside）華，灌溉地估計約有110,000 畝，自派克至阿利桑拿州之愛倫堡（Ehrenberg），相距三十七哩。至今約有六千畝面積之灌溉工作，皆用抽水機打水自一淺潭中升高水頭七呎至十四呎，淺潭之水，則自可羅拉度河經閘門引導而來（見第九圖）。



第九圖

可羅拉度河印地安公用區派克灌溉計劃中之減淤塲(用副道時則閉閘門1,2)

自一九二一年至一九二五年間，每年所打之水量，約自15,000至26.000畝呎，皆於減淤塢中，先行除去泥沙。減淤塢約每星期清洩一次。河水流入幹渠前，其所挾浮泥沙之百分之五十，均得藉此法以除去。

一九〇〇至一九一八年間，自可羅拉度河引入英伯利爾灌溉區進水口阿拉莫渠之水流，並無特別減淤工事之設備，因之於渠口所得泥沙測量之結果，其浮泥沙量約爲河於余買者之百分之九十。

一九一八年建築完成之洛克伍特閘之作用，其一卽爲容許表面河水之通過，而防止粗重泥沙之內侵。但當河水水位極低時，則不可能。此時下層閘門，必須啓放，而河道全部之水流，皆能流入幹渠之中，因之鉅量之浮泥沙及河底泥沙，皆有侵入渠道內部之機會矣。

此種減淤方法，雖不能發生繼續不輟之功效，但自下列數字觀之，比較其流入之浮泥沙，實有相當之成效也。一九一八年十月十四日，余買可羅拉度河有百分之0.39之浮泥沙，同日通過洛克伍特閘之平均浮泥沙則爲百分之0.292。一九一九年二月十三日，河於洛克伍特閘門上游之泥沙百分數爲0.143 而於閘門處則平均爲0.138。當未建洛克伍特閘門之先，若將阿拉莫渠於一九一四，一九一七及一九一八年之平均泥沙百分比與河於余買之泥沙量相比較，則渠道已除去十分之一泥沙矣。

若以下游流域各灌溉系統進水口減淤工具之效用及經濟而言，此僅能解決泥沙問題之一部。精細及農民視爲最有害之泥沙，仍能輸流至渠道之全部，而沈澱於耕地之上，是故減淤工具之設備，僅能視作臨時權用之方法，下游之用水者，仍殷殷盼望全部泥沙得能盡行沈澱於一二大蓄水庫中也。依著者之意見，此種蓄水庫，乃爲解決泥沙問題唯一之辦法，但庫址之選擇，與夫水壩之建築，須預爲一合理之判別耳。

或將爭辯謂：若廢棄英伯利爾灌溉區內各河進水口而不用，使水流經來更拉壩而引入渠中，則區內久懸未決之泥沙問題可得解決矣。但來更拉壩之泥沙，於所有可能之範圍內，常當用洩水方法除去，但需要水量最大之時，常須將全渠閉塞，因之使灌溉地之農民，遭受極大之損失。然除應用此法以外，以前所述之減淤方法，皆不能排除精細之泥沙也。

壩與蓄水庫，如以可羅拉度河波爾多峽谷所設計者而言，其對於減淤工作，實有顯著之成效，但吾人須注意者，卽多年以後，流出蓄水庫之清水，或將積集河床

之泥沙而復濁也。新墨西哥州麗屋格蘭特（Rio Grande）河之愛雷芬布脫蓄水庫（Elephant Butte Reservoir）下游河水之復變混濁，乃一極好之例證。過去十二年間，麗屋格蘭特河上游流域之洪水，皆匯注於此蓄水庫中。庫中流出之水，甚爲清澈，但五十哩後，又復混濁，及至愛爾拜羅（El Paro），則雖施以節制之工，仍挾鉅量浮泥沙也。

假若此種高壩，極切需要，最近將來，於峽谷下端，卽行建造，則一重大問題，亦必隨之而發生，此卽泥沙之沈澱，對於水庫效率減退之速度，有如何之關係是也。欲解答此問題，必先將河道所挾之泥沙，自重率基準而變至容積基準。河經峽谷所挾泥沙之總量，爲 253,628,000噸，乃爲一適度之估計。可羅拉度河沈澱物每立方呎所挾乾泥沙之重量，變化甚鉅，沈澱於灌溉地面上之細泥沙，每立方呎小於五十磅，但於河道及渠床之泥沙，每立方尺重約一百磅。沈澱於蓄水庫之泥沙，精細者常與粗重者相混合，但既有較多之細泥沙在內，故每單位容積之混合重量，常較河底泥沙爲輕。當估計附近峽谷下端蓄水庫中所沈澱泥沙之重量時，每立方尺沈澱物所含乾泥沙之重量，平均以八十五磅爲最確當。卽依此爲根據，每年平均約有137,000噉呎之淤沈澱物。

第三十四表，乃爲他人對於可羅拉度河泥沙量之估計。

第三十四表：　已往關於可羅拉度河每年輸運之泥沙量估計表

參考	地位	時期	每立方呎坭沙乾重	年坭沙量	附註
			磅	噉呎	
Dole & La Riu. Water Supply Paper 395, U. S. G. S.	余買	1895—1914	93	80·000	蓄水庫中沈澱堅密之浮坭沙
Mead, Schlecht, & Grunsky. 全美渠道局報告	余買	1909—1918	100	97·330	浮坭沙
Mead, Schlecht & Grunsky. 報告	——	平均	100	102·000	蓄水庫中沈澱堅密之浮坭沙及河底坭沙
Weymouth. 美國墾殖部未出版之報告	余買	1909—1922	86	105·000	浮泥沙
墾殖部 (1922) Senate Document No. 142	余買	平均	85	113·000	浮泥沙
墾殖部 (19 2) Senate Document No. 142	波爾多峽谷	平均	—	88·000	浮泥沙

吾人須注意者，本報告之估計爲137,000 畝呎，而其他人之估計，則自每年80,000至113000畝呎。最近之估計，乃包括浮泥沙及河底泥沙在內。以前之估計，除一有名之例外外，皆不包括河底泥沙。此皆依據余買浮泥沙之記載，以乾泥沙每立方呎重八十五磅至一百磅，將之自重率基準而變至容積基準而已。若以浮泥沙而言，此數未免太大，但以浮泥沙及河底泥沙之混合物而言，則亦無甚差異也。

可羅拉度河於托帕克及余買浮泥沙之測量，顯示河近峽谷下端所挾較重之浮泥沙，當其未達余買時，卽已沈澱，故大部河底泥沙，將經此而下輸，實無疑義。

下列河與基拉河會流點上游泥沙總量之估計，乃依據余買之泥沙測量而作，可爲校核之用。附錄「泥沙容積與其重量之關係」篇中，明示下游流域每立方呎浮泥沙完全乾燥後，平均重量爲62.5磅。依此爲根據，則余買泥沙常量161,708,000 噸，除來自基拉河者外，將等於119,000 畝呎。假定此數佔泥沙總量百分之八十，而河底泥沙每立方呎重一百磅，則將有河底泥沙19,000畝呎，兩者相加，則除基拉河者外，河於余買之泥沙總量爲138,000 畝呎。

經愼密思考之後，著者認爲137,000畝呎，乃爲每年將行沈澱於附近峽谷下端蓄水庫中平均泥沙量之最適合估計數，依此，則百年後，泥沙於蓄水庫中所佔之體積，適等於13,700,000畝呎。但新蓄水庫之建築，以及水流之節制，上游流域用水量之擴大，皆有延長此種蓄水庫年齡之可能也。

實際經過峽谷下輸之埿沙量，著者深信較前估計之數量，約大百分之三十七。果爾，則企圖儲蓄防洪，蓄水以供發電灌溉等用者，將不經濟矣。可羅拉度河附近托帕克攔水壩之建築，雖號稱能儲10,000,0000 畝呎之水量，但若每年沈澱於此蓄水庫之埿沙量爲13,700畝呎，則其防洪蓄水之功效，不久卽行減退矣。

可羅拉度河大量之泥沙若果皆能輸運至下游流域，則一極大面積之人工蓄水湖，以供減淤儲沙之用者，實爲最重要之設備。計劃建築之波爾多峽谷壩(Boulderor Black Canyon Dam)，若高出河流平均低水位550 呎，則可儲蓄之水量約爲26,000,000畝呎。以儲蓄最大泥沙量之觀點而言，則對此計劃建築物高度之增加，遠較減低其高度，須加確切之審度，因此種蓄水庫能儲水至其頂面，且每畝呎蓄水之經費，在七角五分金元以下也。

關於可羅拉度河計劃建築之水蓄水庫

中泥沙排除法，尚未研究及此，但必須加以相當之注意。爲決定特別方法，以保持基拉河聖加羅蓄水庫（San Carlos Reservoir，由柯立芝壩 Coolidge Dam 欄水而成）之必要容量起見，合衆國陸軍部曾作各種減淤方法之研究，所得之結論，乃唯有挖掘，爲最可能而唯一可能之方法，但估計挖掘之經費，每立方呎爲五分或每畝呎約八十金元之譜。但於可羅拉度河，則此種挖掘之耗費，實難允許，因其有多數蓄水庫址，可以建築蓄水庫，增加儲蓄量，其經費遠較挖掘爲廉也。（完）

河道防洪工程

孫輔世

一、緒言

我國以農立國，而防洪關係農產最巨；且舊日之中原，適位在黃河之中下游，而黃河之冲決遷徙，爲患甚烈，故防洪治河之研究，自大禹以來代有進境，爲我國古代工程學中最有成効之一門。

大禹治水實爲中國防洪之第一成功者，然其工作如何則虛無渺茫，已無從考證，其後治河之較有詳細辦法者，則爲賈讓之治河三策，上策移民避水，中策建閘洩水，下策繕完故堤，增卑培薄，除下策爲歷代河工治理之原則外，上策則在漢時即不克實行，中策則因工程艱險，亦少成就。

元明以來，建都北平，南漕北運，故運河之疏治，黃河之防理，尤爲國家之大政，如元之賈魯，明之潘季馴，清之靳輔等，皆因時代之需要，而成爲一代治河之專家。其所著述，多憑經歷，然合于新學理者甚多，其足以供後代治河防洪之參攷者，殊非淺鮮。

荷蘭爲西歐小國，僻處海濱，地狹人稠，故多圍海爲田，故堤工之經驗，世界之上，以荷蘭爲最富。

美國于數年前核定叁萬伍仟萬金元爲治理密士司必河及薩克拉門多河（Sacrament R.）之用，並以一萬二千萬金元測量各地河道，以爲防洪灌溉航運水力發電之研究，故于最近之將來，美國于水利工程上必有長足之進展。關于密士司必河之築堤則其已引起世界上工程界之注意者也。

我國去夏江淮大水，災情甚巨，中外震驚，本爲我國以全力整治之良機，亡羊補牢，亦尙非晚，而我水利界亦得乘此努力以謀百年之大計，且爲世界水利工程上多所增益。乃不意東禍突起，政府旣無餘力，國人亦已若忘。最近工賑雖仍積極進行，然効率大減，運堤至今未得完成，而春汎將至，江北耕穫，大是可慮，此其大者。至于各地圩田之無力恢復者，更覺難以盡數，關于治本大計當然無望，我國農村經濟，根本破產，立國之基因此動搖，國家前途，正未可知也

我國關于新法防洪尙少著述，去夏大水以後，人言紛紜，莫衷一是，貽誤時機，此亦一端。今特以愚見所及，篇述一二，以作國人之參攷，並望水利界同志，再

能引伸發揚，以成專篇，則最所欣望者也。

二、總綱

防洪工程爲水利工程之一種，包含洪水狀況之研究，防洪計劃之擬議，以及工程之完成與修護。

研究洪水之狀況，所以明瞭洪水之影響，故凡洪水之週期，經過之時間，水位之高下流量之多少，泛濫之面積，以及災害之損失，皆應詳細注意，以爲計劃之根據。

關于草具計劃與實施工程，則應研究河道之性質，防洪之方法，以及工程之建築。

欲求防洪工程之安全，則氣象水位之預測，工程之修理，以及緊急搶險之方法均屬必要。

三、洪水狀況之研究

甲、洪水之週期

各河之洪水，小者幾年必一見，稍大者每隔五年或十年一次，更大者二十五年至五十年一次。各河旣因各地之氣候與地形而不同，復因人事之變化而生影響，規律毫無，更難以科學原理而確定。其唯一方法，則以過去之記載，以測將來之結果，然非經過相當之時期，亦難得一比較可靠之結論也。

淮河洪水量之有記載，不過十年，民十大水，漫溢及于霍邱穎上鳳台壽縣懷遠宿縣靈璧五河泗縣盱眙等屬。民二十又大水所溢面積相埒，測得流量亦不相上下。民十以前無確切之記載，惟根據武同舉氏所著淮系年表在最近三百年中淮河水災之廣大，類如民十民二十者可三次，一在順治六年，（民國紀元前三百六十三年）一在乾隆六年（民國紀元前一百七十一年）一在同治五年（民國紀元前三十三年）。

黃河洪水之記載，史不絕書，小徙潰決之事，歷代無間，其大變遷則凡六次。第一次在周定王五年，（紀元前二千五百十三年）第二次在王莽建國三年，（紀元前一千九百十八年）第三次在宋仁宗慶歷八年，（紀元前八百六十三年）第四次在金昌明五年（紀元前七百十四年）第五次在明孝宗弘治七年，（紀元前四百十七年）第六次在清咸豐五年。（紀元前五十六年）。

太湖流域自有記載已及三十年，在此三十年中較大洪水共有四次，第一次在清光緒三十二年，第二次在清宣統三年，第三次在民國十年，第四次，民國二十年。

考河道洪水之發生，概由于暴雨。故雨量之循環，足以示洪水之週期。然水工之興廢，實直接影響于潰決漫溢，故唐代

二百八十八年，黃河患災計三十二次，元代祗一百〇八年乃達九十一次之多，此尤不可不注意者也。

人類在地面上之工作，亦隨時足以增加洪水之週期，如城市之發展，碼頭橋梁以及其他建築，皆足以束狹河身。河湖淤塞，低地墾殖，皆足以減少容量。山荒開闢，森林斫伐，皆足以增加土地之冲刷。以上數端皆其較著者也。

洪水週期，關係防洪計劃至巨，因水災損失之大小，大半視成災洪水之週期而定。洪水五年一次，其損失必倍于十年一次，如其成災程度相等。

以過去之經驗，五年一次之大洪水，常能合于經濟原則而防止之。其工程經費可較損失為低廉，若欲防止五十年以上一見之大洪水，則雖于工程上亦未嘗不可能，然于經濟上則多不能成立也。

乙、研究洪水之其他資料

洪水之週期為研究洪水資料之一種，其他如經過之時間，水位之高下，以及流量之多少，皆為研究洪水所必不可少者。中國古代史乘所載關于洪水者雖甚詳細，然皆屬于洪水之果，如河堤之潰決，房屋之冲毀，田畝之淹沒等，對于洪水之本身狀況以乏科學之智識，鮮有述及者。故為參攷則可，為研究之根據則殊嫌不足耳。

自歐學東來，始有水文之學識，而流量水位含沙量雨量及氣象等記載，遂漸有進行設立研究者。淮河流域始于民國二年，河北五河于民國七年，太湖流域於民國十年，揚子江流域於民國十一年此為我國根據科學以治河之原始。

黃河為我國最重要之河流，歷史上記載最詳，然各項新式記載，則迄今除零星測驗外，尚未有系統之記載，較之其他各河流反覺瞠乎其後矣。

我國海關成立已三十年，多有兼辦雨量及水位記載者，故關于上述兩項記錄，則有超過三十年者矣。

丙、受災之損失

調查估計水災損失之數量，所以謀一適當計劃之根據，故為預備工作中重要之一部份。

損失可分兩類，一屬有形的，或直接的；一屬無形的，或間接的。如橋樑道路房屋建築物之冲毀，田地種植物之淹沒等，皆屬于有形的損失。如交通之阻礙，工商業之停頓，失業之增加，地價之跌落等，皆屬于無形的。普通一班人之估計，每詳于前者而忽于後者。然其價值則往往後者超于前者若干倍也。

調查開始應于大水將退之際使不致有失真相，將受水區域之面積及其地面之狀

況，以估計其實在損失之數目，詳細記錄。若屬農產區域，則于收穫之時期，應作第二次之勘察調查農作物實在歉收之成數。

太湖流域水利委員會于二十年洪水時期，卽派各地記載員並委托地方機關詳細調查各項損失，于二十年年終卽將各項報告彙編成冊，實開我國水災損失調查之先河。查美國洪水損失調查，亦大半委托氣象局各地記載員辦理，雖未能盡如所望，但比較的尚是最可靠之方法也。

水災面積，普通皆極遼闊，故欲作一地形測量，需費浩大，經濟上常不可能。且于工程計劃上亦無絕對需用之必要。二十年度大水，國府救濟水災委員會用飛機作一簡略之測勘，以示災區之面積，實屬最相宜之辦法也。

丁、河道之區別

從洪水問題上以區別河道可分爲兩種，一曰非冲積土河道，二曰冲積土河道。

非冲積土河道其河床乃由開挖（人工或自然力）而成，冲積土河道其河床之全部或一部由于水流挾帶泥沙泛濫兩岸逐漸淤積而造成。

非冲積土河道其兩岸必較鄰地爲低，地勢自河邊岸起逐漸向上傾斜，冲積土河道，其河岸必較鄰地爲高，地勢自河岸邊起逐漸向下傾斜，經過相當距離，然後再行向上。且前者河床之容量，常在洪水流量之上，故無重大之水災，而後者則不然，其容量常祇能容一部份之洪水量，如密士司必河在密克司堡（Vicksburg）地方，若無堤岸，其河床容量不過每秒三萬立方公尺爲最大洪水量之三分之一，黃河河底之高出于鄰近地面之處者甚多，若無堤岸則將無滴水可以容納也。

故防洪問題所應注意之河道，乃多爲冲積土河道也。

四、防洪之方法

在決定某一種防洪方法之前，必須將各種方法，單獨的或聯合的加以無成見的研究，然後從工程上經濟上加以比較以作再後之決定。

其方法約可分下列六種，(甲)隄防；（乙）水庫；(丙)分流；(丁)疏浚；(戊)截灣；（己）植林。

甲、隄防

隄岸之用以防水爲最古，並最普遍之方法。隄岸足以解決許多洪水問題，而防洪之每一計劃之能不用隄防者，亦不多覯。在經濟原則上堤防亦常爲一最簡省之防洪方法。

堤岸除防止洪水漫溢外，尙有一種最大之優點，卽可以因抬高水位而增加河身

斷面，使流量得以增加也。

河堤普通皆屬土質，若在相當之高度或長度內，實爲可靠之防洪方法，但兩者如皆超過限度。例如江北運堤之高出地面二丈以上，長度達三百餘里，其基礎既難盡能適合，建築亦未免或有疏忽，且各段情形複雜，一遇洪水，管理防守，俱感困難。稍有遺略，爲患無窮，故近代水利防洪專家，皆認爲高而且長之隄防如運堤者，不能成爲防洪方法之一也。

乙、水庫

以水庫減少洪水流量，在近代工程界上認爲最妥善之防洪方法，其建築之可靠，管理之便利，爲其最大之優點。然建築費殊高，是其缺點，故常用以輔助隄防及其他方法之不足。

水庫分兩種，一曰蓄水庫，二曰攔水庫。

蓄水庫者所有水量盡量貯于水庫中，而隨時可以放洩。蓄水庫亦有築以作給水灌溉或發電之用者，其與防洪蓄水庫構造之不同，卽在放洩之設備。爲防洪用者，洩量須大，以便于短時期內可放盡積水，以備容納將來之洪水。蓋蓄水庫之効率全視其可使用之容量而定之。

普通之湖沼于洪水時期之有効蓄水量，比之經過之河流之流量皆不甚大因在洪水以前皆已貯蓄至相當程度，待洪水大至，則反無餘量可容，如民國十年實測洪澤湖之下游三河張福河之流量，達每秒一萬四千四百立方公尺，較之上游進水量減少無多，卽可見一斑。

防洪蓄水庫若能預得氣候流量之報告，于洪水將到以前，先期啓放淨盡，則平時亦不妨貯水，以作給水灌漑發電之用，以增加蓄水庫之效率。最近美國有計劃在薩克拉門多河（SacramentoR.）上游築一蓄水庫，估計八千五百萬金元，壩高計五百二十尺，以作防洪及灌漑發電之用。兩項同時運用，各不相背，此實蓄水庫最新之進展也。

攔水庫之洩水口，終年暢開，在平日庫中水無餘存，但遇洪水則除爲下游河身能容之流量，任其下流外，其餘則暫時留存于庫內。

我國尙無防洪水庫之建築，僅華北水利委員會有于永定河上游官廳地方建攔水庫之計劃，及太湖流域水利委員會于東天目山苕溪上游築防洪灌漑蓄水庫之計劃而已。

丙、分流

分流者乃將河道內水量之一部份，于一定地點引入另一支流，以減少原河道內之洪水量之謂也。

此支流或範以堤，或任其橫流，迨至下游相當地點，則再併流入原河，或逕流入海，各隨情形而不同。

防止一大冲積土河道之巨量洪水（尤其在下游）之最良方法，實莫善于並用堤防及分流（水庫在下游常不合宜）。原河道之容量以堤岸之適當高度爲準，其餘令流入分枝。按冲積土河道之河床，常較兩岸鄰地爲高，此尤爲適用分流之一大原因。即以工程及經濟原則而論，此大量之洪水分流入他支，實較範以高堤者爲妥善而合算也。

分流之節制方法有四種今分述如下：

（子）虹吸管　虹吸管因河內外水面高下之不同，而使水能因天然之壓力，由管內繞堤面而流入支流，此法容量不大，對于堤身較爲安全，現多有主張用于黃河兩岸，以減輕黃河之流量，並用以灌溉兩岸田地者。

（丑）滾水壩　滾水壩之壩頂高度，乃經過確切之規定，使洪水至此高度，即能越壩而過，以免原河道水位之繼續漲高。此法中外古今用之者甚多。

（寅）洩水閘　洩水閘有閘門以便隨時啓閉宣洩水量。但有時亦兼用以保存水量者，如淸江浦鹽河運河間之雙金閘其一例也。

（卯）洩水壩　洩水壩本爲河堤之一段，但遇洪水則將此段工堤開掘使成一天然之出口。美國密司失必河下游有用此法者。我國江北運河之歸海壩亦同一原理。此方法實至妥善。不過近時歸海壩之下游人民居住者日多，且入海之路不暢致積水難退，故每逢開壩，必引起極大之糾紛，此節實有早日設法改良之必要也。

丁、疏浚

疏浚乃挑挖之謂也。挑挖河道可以增加河身之斷面，減少阻力，而使流量增進。然疏浚之工費既巨，維持亦難，故不能作大規模之工程。若爲局部之改良，則亦未嘗不可，終之疏浚在防洪工程上實未能認爲一良善之方法也。

戊、截灣

截灣所以縮短河道之距離，使增加坡度流速以及于流量。此種防洪方法，頗得一部份工程師之贊同，但速率過高，常易冲坍河岸，發生其他危險。因此同時須計劃護岸工程，增加費用。蓋河流之曲度因其水流之速率以及河岸之土質而得平衡，此不應不注意者也。

民國二年江南白茆河截灣七處，雖沿岸冲坍甚多，然因宣洩之通暢，常熟及其附近一帶嗣後遂鮮水患。

己、植林

森林足以減少小水之逕流，然不足以影響洪水。有時反因平日之含蓄，而增加其洪流。但植林認爲防禦水災方法之一，于最近三十年幾爲中西各國社會所默許。見之私人論文以及正式公牘。然議論雖多，迄今似尚未有一具體之計劃以及估計耳。

一八四四年美國密士司必河大水爲有記載以來所未有，但在一八四四年以前該河上游之森林未曾斫去一二，故即將該河上游森林恢復原狀，則仍將不免一八四四年之大水。今如爲減小洪水而植林，則其面積必須遠超出一八四四年以前之數目。查密河自開羅城以上森林之被斫去者，約有五千二百萬英畝，現在每畝平均地値以二百金元計，（包括城市在內）則其總値將在一百萬萬金元左右。今雖耗棄此一百萬萬金元之鉅，而將此五千二百萬英畝仍植以林，則仍將不免一八四四年之大水，由此即可見植林與防洪關係之一班矣。

庚、將來防洪方法演進之預測

日後防洪方法所取之標準，以最近之工程學理所趨之途徑以推測，則將不外乎水庫分流及隄防三種。

水庫　近來工程學進步，壩之可能高度日增，使水庫之容量加大，而氣候之預測亦較前爲準確，故水庫之効用亦因之而增加。兩者皆足以促成水庫之于防洪上之成功者也。

分流　將河流分支以減洪水量，實爲防洪最自然最有効的方法，不過須注意于減輕田地之犧牲。故分流之地點最應研究。

隄防　近來挖泥機器大行進步，減少土工之工費者不少，故裨益于堤防工作非尠。

五、防洪工程之修護

無論何種工程完成後之防護及修理工作，應隨時注意。而防洪工程尤屬重要。因水力冲刷，終年不息，且其力至巨，而每年洪水季之前後，又爲一年中最緊要之時期，工程之巡察，材料之購置，人工之籌集，均應事先計劃，以免臨時措手不及。

我國河工向極注意防護，故有二守四防之說。所謂二守乃是官守民守，各段堤工，有爲官守，有爲民守，有爲官民共守者。所謂四防乃是晝防，夜防，風防。雨防。晝防防漫溢，夜防防扒掘，風防防浪汕，雨防防冲刷。徐心如所著安瀾紀要內關于防護方法，記載甚詳。

氣候與洪水之預測關係防災至巨，自無線電發明後，可將海洋之氣候狀況放送，使氣候之預測更形提早而完備。大河流

之下游可推測洪水之將至于數日以後，如淮河蚌埠水位之高下，影響及于高寶一帶運河者，常在五六日以後也。

河堤搶險方法，我國舊法甚多，可採之處，徐心如所著迴瀾紀要敘述尤詳，黃運兩河多依此爲工程之準則也。

水利 HYDRAULIC ENGINEERING

中國水利工程學會印行

PUBLISHED MONTHLY BY THE HYDRAULIC ENGINEERING SOCIETY OF CHINA

本刊定價表

定報處： 南京四條巷良友里二十號中國水利工程學會出版委員會

零　售　每冊二角

預　定　半年六冊連郵費一元二角

全年十二冊連郵費二元四角

國外全年起定連郵費三元六角

本刊廣告刊例

地位／等次	全頁	半頁
特等（底封面之後面）	四十元	
優等（封面內面及對面）	二十四元	十三元
上等（圖畫前）	二十元	十一元
普通（正文前後）	十六元	九元

（一）特等廣告四色彩印由本會代為繪圖不另取資

（二）除特等廣告外其餘均用白紙印月刊正文之本色

（三）如用色紙或其他彩印價目另議

（四）繪圖製版工價另議長期不更換者祇取一次費

（五）長期廣告取費從廉

（六）廣告費先收後登

advertisement rates

POSITION	Rate per insertion	
	Full Page	Half Page
Outside Back Cover	$ 40.00 Mex	—
Inside Front Cover	24.00 „	—
Opposite Inside F't Cover	24.00 „	13.00
Opposite Pictorial Page	20.00 „	11.00
Ordinary Position	16.00 „	9.00

1. Long term insertions are subject to the following rates of discount.
   Full Year (12 insertions) 20 %
   Half Year (6 insertions) 10 %
2. For the outside back cover four colors are allowed with copies and blocks supplied free.
3. For other positions only one color is allowed and blocks are charged according to current price.
4. Special quality of paper may be supplied with additional charges.
5. Payment shall be made before every insertion.